

Aus dem Nachlasse Schönleins
übergeben 1902.

Met.
0
37^a

DIE KRYSTALLISATION

des

E I S E S.

Aus vielen eigenen Beobachtungen dargestellt

und

mit fünf Kupfertafeln erläutert

von

Dr. G. F. Schumacher.

Leipzig:

M a y e r u n d W i g a n d.

1 8 4 4.

DIE KRISTALLISATION

ES I S E



Dr. G. F. Schumacher

Leipzig

1881

V o r r e d e.

Jeder sinnige Naturfreund, welcher die prachtvollen Eisgestaltungen betrachtet, die palm- und arabeskenförmig zur Winterszeit an den Fenstern in hoher Schönheit und Regelmässigkeit und mit den mannichfaltigsten Abänderungen sich ausbreiten, wird zu der Frage getrieben, was der Grund und die Ursache dieser Formen sei; er wird bald erkennen, dass es kein gesetzloses Spiel der Natur ist und einen tieferen Zusammenhang mit den einfachen und regelmässigen Krystallformen ahnen. Bei genaueren Nachforschungen wird ihm jedoch der grosse Abstand, welcher zwischen diesen phantastischen und unter sich ver-

*

schiedenen Gebilden und zwischen der einfachen Krystallform besteht, Schwierigkeiten in der Erklärung des Zusammenhangs machen und erst eine längere und unter verschiedenen Verhältnissen angestellte Beobachtung wird ihre gesetzmässige Uebereinstimmung mit der einfachen Grundform des Krystalls ganz klar erkennen lassen. Wir haben uns an diese Erscheinung wie an jede andere Form des gefrorenen Wassers, wie Schnee, Eis und Hagel, so gewöhnt, dass wir sie selten näher betrachten und dass wir nicht ahnen, welche hohe Gesetzmässigkeit den aufmerksameren Beobachter sich enthüllt, und dass, wo dieselbe nicht so leicht zu erkennen ist, Trümmer oder Missbildungen vorliegen. Aber bei einiger Aufmerksamkeit auf die gewöhnlichen Naturerscheinungen klärt sich Vieles auf und so trifft man wohl einmal einen Schneefall, besonders wenn ein gelinder anhaltender bei ruhiger Luft auf einen starken stossweisen folgt, bei welchem regelmässige sechstheilige und sechseckige Schneeflocken fallen und man überzeugt sich dann, dass in allen andern noch so unregelmässigen Flocken Spuren von dieser vollendeten Krystallform liegen. Beim genaueren Unterscheiden erkennt man auch eine grosse Mannichfaltigkeit, welche sich von dieser

Grundform ableitet. Eine besonders grosse Mannichfaltigkeit hat ein Reisender Scoresby innerhalb des Nordpolarkreises gefunden und in getreuen Zeichnungen uns überliefert. Die Phantasie versucht es vergeblich aus so einfachen Elementen, wie hier gegeben sind, eine so unerschöpfliche Mannichfaltigkeit der schönsten und regelmässigsten Gestalten herzustellen, wie sie sich nach den Hauptarten in der ersten und fünften Tafel dieses Werkes verzeichnet finden.

Wer aber mit der schon so hoch ausgebildeten und zur mathematischen Evidenz gediehenen Wissenschaft der Krystallographie schon vertrauter ist, darf hoffen, auch in dieser Erscheinung eine neue Hülfquelle für seine Wissenschaft zu finden. Ja ich möchte die Schneefiguren und Eisgestalten die Fibel und die Bibel der Krystallographie nennen. Vornehmlich in den Schneefiguren tritt das Wesen des Krystals in hoher Reinheit und in sonst nicht erscheinender Vollendung hervor; denn in jenen höchsten Regionen unserer Atmosphäre, wo sie sich bilden, fehlen die Einflüsse, welche hienieden alle krystallinischen Bildungen mehr oder weniger stören, hemmen und verunstalten. Dort gelangt die Urform des

Krystalls zu reiner voller Erscheinung und so mahnen uns die leichten und so bald zerrinnenden Krystalle nicht minder wie die leuchtenden Sterne, deren Abbild im Kleinen sie sind, an eine Welt oberhalb der Erdenwelt und zugleich, wenn man sie mit den ähnlichen Bildungen von Krystallen in Gängen und Felsdrusen zusammenstellt, an die alle Höhen und Tiefen des Weltalls durchdringende und erfüllende Kraft und Weisheit Gottes.

Aber indem auch diese vollendeten Schneegestaten mit ihrem zarten wunderbaren Bau nur selten unverletzt bis zum Erdboden herunterkommen, und auch unter den irdischen Krystallen der sonstigen Mineralien, wiewohl sie alle irgendwie die Urform an sich darstellen, nur selten ein Individuum solche rein und vollendet in sich aufnimmt und die vollkommen regelmässigen nur in kleinsten Dimensionen und als seltene Ausnahmen vorkommen, so mahnen sie sinnbildlich den sinnenden Beobachter daran, wie das Gute und Schöne hienieden überall nur selten und darum mit aller Sorge zu hegen und zu pflegen ist, wo es sich zeigt, als ein heller Blick aus einem bessern Jenseits, dessen Ahnung weder durch die her-

ben Misstöne des Erdenlebens noch durch die Deductionen einer verirrten und übermüthigen Weltweisheit aus dem Herzen der Menschen zu vertilgen ist.

Ja, laut spricht für jene Zukunft neben dieser Ahnung die Liebe und der Eifer, mit welchem wir uns in jedes Schöne, Wahre und Gute anschauend und forschend vertiefen, sobald nur erst der Sinn dafür aufgegangen ist.

Etwas der Art habe ich denn auch von Neuem empfunden, als ich im verflossenen Winter ($18\frac{40}{41}$) in die nähere Betrachtung und Erforschung der wunderbaren Gestalten des Eises, zunächst wie sie an den Fensterscheiben sich zeigen, mich einliess und dann immer weitergeführt im Studium allmählich in die Wunder der Mineralwelt und aller Krystallisation tiefer eindrang; als ich die hohe Consequenz und Harmonie gewahrte, die in allen diesen elementaren Processen und Bildungen herrscht und waltet.

Es nahm mich dieses Studium — die Beobachtung der an jedem Tage bei jedem neuen Froste erscheinenden anderen wunderbaren Gestalten — so sehr

in Anspruch, dass ich alle sonst gewohnten Beschäftigungen der Musse darüber hintenansetzte und selbst meine Gesundheit bei dem langen Verweilen in kalten Räumen, wo ich die Eisfiguren aufzeichnete, auf's Aeusserste aussetzte. — Es mussten oft eine Menge Figuren, sollten sie mir nicht verloren gehen, in kurzer Zeit und in einem Zuge auf's Papier gebracht werden. — Ich war ganz entzückt, sobald ich wieder eine neue Formation entdeckt hatte, war es, dass dieselbe frühere Vermuthungen über das Vorhandensein auch solcher Gestalten bestätigte oder die geglaubte Unmöglichkeit ihrer Existenz umstiess. Vorurtheilsfrei nahm ich Alles was sich fand auf, wohl dabei über die Gründe der Entstehung nachsinnend und das Gleichartige möglichst znsammenordnend — aber in meinen Ansichten durchaus nicht abschliessend. Die Theorie behielt ich mir für andere Tage vor.

So lange der kurze Wintertag dauerte, war ich auf den Beinen und suchte die Eisflora an allen Fenstern der Strasse, in der Kirche, in entlegenen Räumen; wo immer nur eine Eisfigur glitzerte, sie wurde angesehen und mit den schon verzeichneten verglichen — so dass die Freunde mich häufig mit dem

zuweit getriebenen Eifer für diese Sache, mit der so heißen Liebe zu einem so kalten Studium neckten. Aber ich konnte es nicht lassen; ich hatte den festen Glauben, dass sich hier etwas Neues und Bedeuten- des finde, dass sich daraus Etwas machen lasse.

Endlich brach sich der für dieses Studium durch seine wiederholten Ansätze so überaus günstige Winter und bald darauf begann der ungemein schöne Frühling. Ich sah den Winter mit einem Gefühl gemischt von Freude und Bedauern schwinden. Einerseits hatte ich noch lange nicht genug gesammelt für mein Studium; denn erst im Verlauf der Forschung war mir klar geworden, worauf vorzüglich zu achten sei; andererseits musste ich mir sagen, dass ich diese so angespannte Thätigkeit nicht länger mehr würde haben ertragen können und doch konnte ich sie nicht freiwillig lassen und aufgeben. So ist mir denn in diesen Studien der Winter überaus schnell, angenehm, geschäftig und, wie ich hoffe, nicht nutzlos verfloßen.

Neben meinen täglichen Berufsgeschäften glaube ich für eine mir freilich ursprünglich ziemlich fern-

liegende Wissenschaft, die Krystallographie, einen, wenn auch kleinen, doch immer wesentlichen Beitrag geliefert zu haben. Eine vollständige Schule habe ich in diesen Erfahrungen durchgemacht, auf viele nützliche Wahrheiten und Einsichten bin ich bei dem weiterem Studium der Hülfslehren für diese Sache aus Mineralogie und Physik gekommen.

Und welche Früchte müssen diese Studien auch meiner Lieblingswissenschaft, der Philosophie, bringen, ihr, die längst nicht mehr ohne Kenntniss der so weit vorgeschrittenen Naturwissenschaften auskommen konnte. Aber sie bedarf mehr; sie braucht als wesentliche Ergänzung der genauesten Beobachtung, des Individuellen, wie dieses erscheint im reinen Naturleben nicht weniger wie im Geistesleben. Die bestimmte individuelle Anschauung muss alle allgemeinere Gedanken begleiten, halten und tragen.

Dazu war hier bei der Aufstellung der Theorie für die Menge der aufgefundenen oft scheinbar sich widersprechenden Thatsachen ein weites Feld für die Anwendung der in der Speculation gewonnenen Principien gegeben. Was von allen Naturkräften und

Naturbildungen gilt, musste sich, wie man *a priori* wissen kann, nach der Eigenthümlichkeit des in Frage stehenden Krystallisationsprocesses auf besondere Weise wiederfinden und so war es. — Die Eiskrystalle zeigen sich mir als ein überaus reiches und schönes Formensystem, als eine stufenweise Gliederung verwandter Typen, die sich selbst in allen Abänderungen gleich bleiben. Der Krystall des Wassers erscheint polymorph wie das Urfluidum des Wassers; ich habe das eine Grundgesetz in allen einzelnen Erscheinungsformen nachgewiesen und so hat sich auch hier wieder das philosophische System, dem ich huldige, practisch bewährt.

Wie wichtig aber die Erkenntniss der Bildungsweise der anorganischen Körper schon an sich sein mag, so viel höheren Werth erhält sie noch dadurch, dass erst von hieraus die viel zusammengesetzteren schwierigeren organischen Bildungen begriffen werden können, besonders da das Fenstereis so manche Pflanzenbildung auf das Genaueste darstellt und durch die ähnliche Wirkung auf Aehnlichkeit der Ursache zurückschliessen lässt. Die Formen der aus dem Krystallisationsprocesse entstandenen Körper sind auf die

mannichfaltigste Weise erörtert, aber die Verkettung der Ursachen bei ihrer Bildung sind noch nicht so deutlich nachgewiesen, wie es von vielen anderen Vorgängen der Physik bereits geschehen ist und wie man es allmählig auch hiervon erwartet. Wäre hier nicht noch so manches dunkel, welche sichern Schlüsse würden nicht über den Zustand der früheren Erdform gemacht worden sein? Wüsste man genau, bei welchem Wärmegrade, Druck, Electricitäts- und Feuchtigkeitsstande, im Verhältniss zur Menge und Art der Masse, die schieferige Form, die regelmässigen ebenen Durchgänge, die vollständigen Krystalle sich bilden, wie viel weiter würde man in der Geognosie und Mineralogie sein? —

So weit meines Bruders Worte, welcher vor Vollendung des siebenten Bogens dieses Werkes schwer erkrankt und im vorigen Jahre gestorben ist.

Auf die Aufforderung der Verlags-Buchhandlung habe ich in Ermangelung eines gelehrteren Fortsetzers und Vollenders um so weniger gezweifelt, was mir möglich war, aus dem vorhandenen Manuscripte zusammenzustellen, als mir folgender wesentlicher Ge-

danke aus dem Ganzen aufleuchtete: So wie durch die mehr philosophische Rechnung des Unendlich-Kleinen und des Unmöglichen die Raumlehre und die Rechenkunst so viel weitere Fortschritte machte als bei der einfachen Potenzrechnung möglich war, so scheint mir durch die Betrachtung aller krystalloidschen und sogar amorphen Formen ein soviel weiterer Fortschritt in der Erkenntniss der Krystallgenese möglich, als bei der beschränkten Betrachtung der Krystalle allein, und diese umfassende Betrachtung wird durch dieses Buch eines philosophischen Naturfreundes vorbereitet und theilweise angebahnt, welcher durch sein ausgebildetes Zeichnentalent besonders begabt war, aus den wunderbaren Raumformen der Natur das geheime Spiel ihrer Kräfte zu errathen. Er sucht die Bildung alles Festen, die Art des Uebergangs aus dem Flüssigen in den festen Aggregatzustand durch Betrachtung der unvollkommen-krystallinischen Formen klarer zu machen, und den Process der vollkommenen Krystallisation als einen sehr kleinen Theil des Ganzen darzustellen. Es ist meine feste Ueberzeugung, dass wer nach sicherem Ueberblick der in diesem Buche gegebenen Formen geeignete Versuche des Gefrierens und Abtrocknens un-

ter den darauf wirkenden physikalischen Einflüssen anstellt, bald auch genauere Begründung der einzelnen Formen und ihrer Abweichungen finden wird. Und ich lade daher jeden Lehrer ein, dieses Werk weiter auszubeuten und mit mir zu wetteifern, um sobald als möglich mit dem Erfolg solcher genauern Versuche vor das physikalische Publikum zu treten, dem die grosse Lücke der Kenntnisse über die Entstehung und Art des Zusammenhangs der festen anorganischen Körper so fühlbar geworden ist, dass es Preisaufgaben darüber gestellt hat, deren Zeit verstrich, ohne dass eine genügende Beantwortung erfolgte.

Durlach, den 4. März 1844.

F. B. Schumacher,

Lehrer am grossherzogl. Pädagogium.

Inhaltsverzeichnis.

Erster Abschnitt (1 — 39).

	Seite
§. 1. Fenstereis und Schneefiguren	1
§. 2. Krystallin. und krystalloid. Bildung	3
§. 3. Verlauf der Eisbildung	5
§. 4. Chem. Zusammensetzung des Wassers	8
§. 5. Electr. und therm. Verhalten des Eises	11
§. 6. Kraftentwicklung bei der Eisbildung	13
§. 7. Die Grundformen der Krystallisation	16
§. 8. Das Krystallindividuum	19
§. 9. Störungen der Krystallisation	22
§. 10. Grundform und abgeleitete Formen	27
§. 11. Literatur der Schneefig. 1661—1828	30
§. 12. Hierin benutzte Werke	35
§. 13. Gang dieser Schrift	38

Zweiter Abschnitt (40—72).

§. 14. Mannichfaltigkeit des Fenstereises	40
§. 15. 3 Hauptarten: 1) Primairfiguren	43
§. 16. 2) Solide Figurationen	45
§. 17. 3) Grössere Figurationen	47
§. 18. 3 Arten der grösseren Figurationen	49
§. 19. 1) Primairfiguren: a) Grundstücke	51
§. 20. — — b) Figurirter Anflug	52
§. 21. — — c) Baumschlagartige Figurationen	55
§. 22. — — d) Uebergangsformen	57

	Seite
§. 23. 2) Solide Figuration: a) Palmenform	59
§. 24. — — b) Fächerform	61
§. 35. — — c) Krautform	63
§. 26. Verein von 1) und 2)	65
§. 27. Ueberblick des Vorgekommenen	68

Dritter Abschnitt (73—129).

§. 28. Atmosphärische Eisgebilde	73
§. 29. Der Schnee im Allgemeinen	76
§. 30. Wilke's Theorie darüber	80
§. 31. Verschiedene Formen des Schnees	82
§. 32. Grundgesetze der Schneebildung	85
§. 33. Wilke's Eintheilung	86
§. 34. Scoresby's Eintheilung	89
§. 35. Ueber den Kern der Schneefiguren	92
§. 36. Ableitung der Grundtheilung	94
§. 37. Verschiedene Abstrahlung	97
§. 38. Tafel- und Sternfigurenbildung	99
§. 39. Weitere Ausbildung der Axen	102
§. 40. Abschliessung und Vollendung der Figuren	107
§. 41. Der Reif	112
§. 42. Der Hagel	121
§. 43. Das Gletschereis und Anhang	124

Vierter Abschnitt (130—157).

§. 44. 2 Hauptformen der Schnee- und Eisbildung	130
§. 45. Schnee- und Reifbildung	136
§. 46. Fenstereis und die übrigen Eisformen	144
§. 47. Schluss: über die Bildung fester Körper überhaupt	151

Erster Abschnitt.

Einleitung.

§. 1.

Im Winter des Jahres 1840 fanden sich an den grossen Fensterscheiben eines neu erbauten massiven Hauses, in dem die Localitäten sehr verschieden gelegen und hiernach verschieden erwärmt waren, höchst eigenthümliche Eisgestaltungen, welche von denen, die wir in unsern Wohnzimmern häufig zur Winterszeit erblicken, bedeutend abwichen. Dies wurde dem Verfasser Anlass zur weitem aufmerksamen Beobachtung dieser Erscheinung und zur Zusammenstellung von Eisgebilden aller Art. In den von mir möglichst getreu nach der Natur entworfenen Zeichnungen hatte ich bald ein reiches Material zu einer Theorie der Eiskrystallisation vor mir liegen, welches einer weitem Bearbeitung nicht unwerth schien. Den folgenden Winter noch wurden diese Studien fortgesetzt und es wurde mit dem Gesammelten Alles verglichen, was sich über Eis- und Schneegestalten in ältern und neu-

ern Werken vorfand. Von dem Schnee allein ergaben sich gegen 700 verschiedene Gestalten, in Werken verzeichnet, die früher mehr als in neuerer Zeit beachtet und gewürdigt wurden. Auf den ersten Blick konnten diese seltsamen Gestaltungen, wenigstens zum Theil, als blosse Spiele der Phantasie erscheinen, so abweichend waren sie durch ihre bunte Mannichfaltigkeit von den sonst vorkommenden krystallinischen Gebilden. Eine genauere Vergleichung derselben ergab indessen, dass diese mit grossem Fleiss und mit erstaunlicher Sorgfalt, auch augenscheinlich ohne eine vorgefasste Meinung, von den ältern und neuern Beobachtern gezeichneten Schneefiguren bei aller Verschiedenheit auf merkwürdige Weise mit einander übereinstimmten und durchaus nach dem einfachen, aber in sich sehr verschieden modificirten Gesetze krystallinischer und krystalloïdischer Eisbildung geformt waren; es fand sich, dass sie, eben so wie die verschiedenen Typen der Eisblumen an den Fensterscheiben und wie die sonstigen Formationen des Eises, ein in sich geschlossenes System homogener Formen ausmachen, in dem sich jede Classe und jede Art durch eine verschiedene durchgreifende Bildungsrichtung characterisirt.

Die von mir selbst beobachteten und noch sonst nirgends so vollständig und genau abgebildeten Eisblumen und sonstigen Eisfigurationen an den Fensterscheiben waren ganz geeignet, als Schlüssel für die Erklärung der Schneefiguren zu dienen, denn sie stellen stufenweise den Uebergang von den einfachern For-

men stärkerer Eismassen zu den vielgestaltigen Formen der zarteren Eisgebilde im Schnee dar.

Die Resultate, welche durch diese Beobachtungen und Studien gewonnen wurden, sind einestheils wohl an sich schon interessant genug, anderntheils mögen sie vielleicht auch einen Beitrag zu der in neuern Zeiten nach mehreren Seiten hin angebahnten Theorie der Krystallbildung, zur Genesis der Krystalle und insbesondere auch zu der noch immer streitigen Bestimmung der Grundform des Eises geben.

§. 2.

Wir tragen Bedenken, vom Wasser, wenn es gefriert, zu sagen, dass es krystallisire, obwohl die griechische Benennung des Krystalls eben vom Gefrieren entnommen ist. Wir nehmen Anstand, weil das Eis neben mehreren Eigenschaften des Krystallinischen, die es besitzt, wie Härte, Sprödigkeit und Durchsichtigkeit, doch meist der eigentlich scharfkantigen und scharfeckigen Flächenbegrenzung ermangelt. Gleichwohl kommt auch Eis in der einfachsten und eigentlichsten Krystallgestalt vor. — Meist freilich zeigen die Eisgebilde eine höchst complicirte Gestaltung, Formen, welche über die einfachen des Krystalls und ihre Combination in das Gebiet der organischen Gebilde hinausschweifen, eine Gestaltung, welche sofort an die Vegetationen und dendritischen Bildungen der Salze und Metalle erinnert. Besonders ist das häufige Vorkommen krummliniger Gebilde beim Eise auffallend.

Das Eis bietet also eben so wie mehrere andere Substanzen der unorganischen Natur sowohl krystallinische wie krystalloïdische und amorphe Formen dar, und fordert durch diese seine mehrfache Erscheinungsweise zu einer Untersuchung und Vergleichung dieser verschiedenen Grundformen alles Festen auf.

Unsere Betrachtungen werden sich vorzugsweise auf dem Gebiet der krystallographischen Erörterung halten; da indessen die Bedingungen der Krystallisation in der Physik gegeben werden und auch die Chemie hier ein Wort mitspricht, so werden auch diese Gebiete nicht ganz unberührt bleiben können. Das Wasser ist das weitverbreitete Mittelglied zwischen der Atmosphäre und den festen Bestandtheilen der Erde, mit beiden auf das innigste verbunden; als Wassergas ist es in grosser Menge, aber unsichtbar von der Atmosphäre eingesogen und wird nur schwer ganz von ihr getrennt; das Wasser hat auch in chemischer Beziehung als die einfache Synthesis zweier höchst differenter Stoffe, des Sauerstoffs und des Wasserstoffs, eine sehr eigenthümliche Stellung und ein ganz besonderes Verhalten gegen alle anderen Verbindungen, — so dass man schon hieraus auf eine besondere und zwar sehr einfache, dem regulären System nahe stehende Krystallform des Eises schliessen möchte. Wiefern die Thatsachen diese Vermuthung bestätigen, wird das Weitere ergeben. In seinem reichen Formenspiel stellt das Eis die Gestalten und den Habitus von mehr als einem Körper dar und scheint in der That in mehrere krystallogra-

phische Ordnungen überzugreifen. Es ist daher gewiss der Mühe werth, diesen Stoff in allen seinen krystallinischen Metamorphosen zu verfolgen, alle seine Formen, krystallinische wie krystalloïdische, genau zu beobachten und diese in ihrem Zugleichseyn und in ihrer Aufeinanderfolge vollständig zusammenzustellen.

§. 3.

Das Wasser giebt uns bei seinem Uebergange aus dem tropfbar Flüssigen in den festen Zustand eine Reihe von interessanten Problemen, von denen ich hier nur, als näher auf den Gegenstand der Untersuchung sich beziehend, den verschiedenen Grad der äusseren Temperatur, bei dem das Wasser gefriert, die Ausdehnung des gefrierenden Wassers und die Blasenbildung, das Freiwerden von Wärme und den Wechsel des electrischen Verhaltens erwähne.

Die Erstarrung des Wassers zu Eis erfolgt zunächst unstreitig durch Kälte, und zwar regelmässig, sobald die Temperatur auf 0° gesunken ist, nie früher; wesshalb diese Temperaturstufe der Gefrierpunct genannt ist. Häufig gefriert das Wasser erst bei einer weit niedrigeren Temperatur, hebt sich jedoch dann mit bedeutender Wärmeentwicklung bis zum Nullpunct. Diese Erkaltung unter 0° erfolgt, wenn das Wasser in Gefässen ganz ruhig steht, oder durch eine dünne Oelschicht von der Berührung mit der Luft abgeschlossen ist. Die Erstarrung beginnt alsdann erst bei einer leisen Erschütterung, bei Einflössung von Luft mitten in die Wassermasse, oder bei Berüh-

rung mit einem festen Körper. Es erfolgt dann die Erstarrung plötzlich und durch die ganze Masse mit der Heftigkeit eines Stosses, aber die Structur des Eises ist durchaus unregelmässig zerspalten. Bei langsamer Erkaltung hingegen schreitet das Gefrieren vom Rande der Gefässe in einzelnen Strahlungen successiv über die Oberfläche des Wassers fort und erstreckt sich sodann an den Seitenwänden hinunter in die Tiefe, während die zuerst gebildete Fläche immer mehr an Dicke zunimmt. Nur unter besonderen Umständen bildet sich selbständig Eis in der Mitte oder in der Tiefe der Wassermasse und nie in einzelnen geschlossenen Krystallen. Dieses oberflächliche langstrahlige Anschliessen des Eises erklärt sich einerseits aus der grösseren Leichtigkeit des Eises, andererseits nach Berzelius aus dem verhältnissmässig sehr schnellen Verlauf der Erstarrung des Eises. Eine mehr reguläre und in sich geschlossene Gestalt zeigt es daher, wo es sich langsam und allmählig bildet.

Dass in der That nicht bloss Kälte, sondern auch seine Beziehung zu der Luft und deren electriche Spannung das Gefrieren des Wassers bedingt, geht aus der Thatsache hervor, dass bei dem niedern Temperaturstande von -8° R. und selbst -14° R. feuchte Nebel beobachtet wurden.

Der Hergang beim Ueberfrieren des Wassers ist folgender: Aus der Tiefe des Flüssigen heben sich bei zunehmender Kälte die wärmeren und leichteren Theile des Wassers beständig an die Oberfläche empor und geben hier die Wärme an die atmosphärische

Luft ab. Dies würde fortgehen, bis die ganze Wassermasse gleichmässig bis $5\frac{1}{5}^{\circ}$ R. (4° C.) durchkältet wäre, auf welchem Puncte das Wasser seine grösste Dichtigkeit oder sein grösstes spec. Gewicht erreicht hat. Da indessen das Wasser an allen Stellen, wo es mit festen, zumal stark wärmeleitenden Körpern, und mit der Luft in Berührung steht, weit früher und stärker erkaltet, als in der Tiefe und im Innern, so beginnt dort sofort die Eisbildung, und erstreckt sich in Form von Nadeln oder gefiederten Strahlen über die ganze Oberfläche. Sobald diese vollständig von Eis bedeckt ist, kann die in dem Wasser eingeschlossene Wärme nicht mehr in gleicher Weise wie früher entweichen und es treten in dem später sich bildenden Eise eine Menge von Luftbläschen hervor. Das sich jetzt bildende Eis ist trüber — meist aber compacter; es hebt sich, da mit dem Gefrieren des Wassers eine mächtige Ausdehnung verbunden ist, über das Niveau des früher entstandenen und an dem Gefässe festhaftenden Eises hervor, und es ändert sich sichtbar die Structur dieser Decke. Wird diese Ausdehnung durch rings umschliessende Wände verhindert, so geräth dadurch die eingeschlossene noch flüssige Wassermasse in einen so comprimierten Zustand, dass sie, sobald man ihr mit Hülfe eines heissen Eisens einen Ausgang verschafft, aus der Eiskrinde gewaltsam herausspritzt. Wird dem gefrierenden Wasser nicht durch Oeffnung des Eises oder durch Dehnung des Gefässes Raum gegeben, so sprengt es bei weiterer Erstarrung bekanntlich die Wände

selbst starker eiserner Gefässe. Das Wasser dehnt sich also gegen die allgemeine Regel, dass die Körper bei zunehmender Kälte sich zusammenziehen, um $\frac{1}{10}$ bis $\frac{1}{17}$ seines Volumens aus, und zwar beginnt diese Ausdehnung schon im flüssigen Zustande bei $3\frac{1}{5}$ Grad Reaum. Diese hinlänglich constatirte Thatsache, die nur in einigen andern krystallisirenden Stoffen Analoga hat, veranlasste eine Menge Erklärungsversuche, die nicht zum Ziele führten. Der Atomist erklärt diese Ausdehnung, wie alle Krystallisation, lediglich aus der veränderten Lage und Entfernung der letzten Theilchen (Atome, Molecules, Gruppen von Theilchen), die immer in gewissem Abstände von einander sich anziehen und abstossen; aber schwerlich mögte diese Erklärung, abgesehen von dem Widerstrebenden einer Annahme bestimmt geformter, absolut unveränderlicher Theile, genügen; zumal wenn man bedenkt, dass das Wasser, wenn es einmal im compacten Eise völlig fest geworden und auskrystallisirt ist, wiederum der allgemeineren Regel folgt und bei zunehmender Kälte sich zusammenzieht.

§. 4.

Lange Zeit galt das Wasser, wie die Luft, für einen einfachen Körper; erst durch Cavendish's, Watt's und Lavoisier's Versuche gegen Ende des vorigen Jahrhunderts wurden dessen Grundbestandtheile und ihr Verhältniss zu einander nachgewiesen. Bekannt-

lich ist das doppelte Volumen von Wasserstoff mit einem Volumen Sauerstoff im Wasser chemisch verbunden. In einer nur äusserlichen Mischung mit einander gemengt geben beide Gase die weniger dichte Knallluft. Bei Rothglühhitze, wie bei Entzündung durch einen electrischen Funken, und durch den katalytischen Einfluss gewisser fester poröser Körper, wie Platinschwamm, verdichten sich beide Stoffe ungefähr 2500 Mal, und geben Wasser, welches auch in Gasgestalt $\frac{1}{3}$ weniger Raum füllt, als seine einfachen Bestandtheile für sich.

Die Bestandtheile des Wassers gehören beide zu den electronegativen Körpern; sie neutralisiren sich im Wasser so vollständig, dass sie schwer zu trennen sind und von Säuren und Basen gar nicht afficirt werden; gleichwohl verbindet es sich mit einigen Körpern, z. B. Kali, sehr fest. Gegen verschiedene Stoffe verhält sich das Wasser als Säure, gegen andere als Basis; es ist von allen chemischen Verbindungen die indifferenteste und in keiner andern sind die Bestandtheile wie hier nach ihren Atomen schärfer begrenzt verbunden.

Gase aller Art nimmt das Wasser im flüssigen Zustande in sich auf und saugt sie ein; aus der Luft nimmt es den Sauerstoff und den Stickstoff, jenen vorzugsweise das kältere, diesen das längere Zeit erwärmte Wasser. Das Wasser stösst die meisten absorbirten Gase, eben so wie die in ihm aufgelösten festen Stoffe, in dem Augenblicke wieder aus, da es

gefriert^{*)}). Die eingesogenen Luftarten tragen freiwiegend zur Entstehung der Luftbläschen im Eise bei; gleichwohl dürfen sie nicht als die einzige Ursache dieser Erscheinung angesehen werden, weil auch das von den beigemengten Gasarten befreite Wasser gefrierend Blasen bildet.

In neuerer Zeit hat man wieder den schon früher in Gilb Annalen Bd. V. S. 69.) ^{**)} geäußerten Gedanken aufgenommen, dass das Wasser bei seinem Uebergange zum Eis sein stöchiometrisches Verhältniss verändere und eine Zersetzung, vermuthlich Entsäuerung erleide, welche beim Aufthauen wieder aufgehoben werde. So Hugi in seiner neuesten Schrift über die Gletscher. Er nimmt an, dass diese Entsäuerung im Firnschnee durch den längern Verkehr des Eises mit der Atmosphäre sich noch steigern, und hat seine Annahme durch die beiden Thatsachen zu erhärten gesucht, dass Eisen, welches Jahre lang auf dem Gletscher der Luft und der Feuchtigkeit ausgesetzt war, nicht rostete, und dass das vom aufgethauenen Gletschereis gewonnene Wasser noch eine kurze Zeit nachher einen scharfen, zusammenziehenden basischen Geschmack habe.

Bestätigt ist wenigstens durch Boussingault's neueste Versuche, dass Wasser und Schnee die atmo-

^{*)} Andere Gase, z. B. Ammoniakgas, vom Wasser absorbirt, hindern dessen Gefrieren, selbst bei 20 bis 56° Kälte.

^{**)} Man nahm das Eis damals für oxydirtes Wasser, weil seine Refraction geringer ist, als die des Wassers.

sphärische Luft verschiedenartig absorbiren; es wird von ihm angenommen, dass die in den Poren des Schnees zurückgehaltene Luft an Sauerstoff verhältnissmässig ärmer ist als die im Wasser absorbirte.

§. 5.

Das Eis ist ein schlechter Wärmeleiter, schlechter noch als das Wasser. Eben so ist das Eis ein absoluter Nichtleiter der Electricität, während das Wasser zu den mittelguten gehört. Geraspelt zeigt das Eis sich positiv electrisch, mit Glas gerieben negativ electrisch und giebt Funken (Gilbert Ann. XLIX. S. 392.). Gegenüber dem Gefässe, in welchem das Wasser bei sehr niedriger Temperatur schnell gefror, zeigte das Eis positive Electricität; dagegen in hoher Temperatur schnell schmelzend zeigt es negative Electricität (Th. v. Grotthuss in Schweigger's J. IX. S. 221.). In der Regel nehmen Stoffe, welche in den festeren Aggregatzustand übergegangen sind, gegenüber den weichen und feuchten $+$ E an; bei dem Uebergange in den flüssigeren Aggregatzustand findet das Entgegengesetzte statt. Auch in dem Momente, da das Wasser unter der Luftpumpe gefriert, ist, wie bei verschiedenen Krystallbildungen, das Hervortreten eines electrischen Funkens beobachtet worden. Auf eine electrische Beziehung scheint ferner die Thatsache hinzuweisen, dass sich das Grundeis, ausserdem, dass es sich lieber an haarige Stoffe, wie Hanf, Wolle, Moos, anhängt, auch leichter an Kupfer, Messing, Stahl, Zinn, als

an andern Metallen sich bildete, während ein runder Stein vulcanischer Natur nie besetzt wurde, und ebenso wenig Harz, Siegellack, Pech, Colophonium, Wachs, Wachstuch, Seide, gegerbtes Leder und abgehobeltes Holz — Stoffe, welche freilich sämmtlich auch schlechte Wärmeleiter sind.

Bis jetzt hat man keine Erfahrung, dass das Wasser auf andere Weise, als durch Kälte (etwa durch Zusammenpressung) in den festen Zustand übergehen könne, wohl aber wird das Wasser durch andere Mineralien, besonders Salze, mit denen es sich in gewissen Proportionen verbindet, zur krystallinischen Erstarrung gebracht. Es wird dann als Krystalleis fest und bei dieser Verbindung wie bei anderer Eisbildung Wärme frei. Bekannt ist, wie man bei höherer Temperatur der Atmosphäre durch Wärmeentziehung künstlich eine Temperatur des Wassers hervorbringt, welche dasselbe gefrieren macht.

Das Schmelzen und Aufthauen des Eises ist der dem Gefrieren entgegengesetzte Process. Jenes geht langsamer von statten, weil die Wärme langsamer in den festen Körper eindringt, als sie aus dem flüssigen Wasser entweicht, auch ein bedeutendes Quantum Wärme hierbei verbraucht und verschluckt wird. Aufgelöste Salze, dichte Körper, Silber und Kupfer, sollen die Schmelzung fördern, eben so wie das wärmeleitende Wasser, welches in die beim Aufthauen sich bildenden Haarröhrchen eindringt. Auch widerstehen die zuerst gebildeten compacteren Eisstrahlen am längsten, während in deren Umgebung sich hervorthu-

ende und bei zunehmender Wärme grösser werdende Luftbläschen das Eis auflockern. Daneben verdunstet das Wasser bei jedem Temperaturgrade vermöge seiner starken Tension; immerfort verdunstet das Wasser und auch das Eis, doch jenes stärker als dieses und beide verhältnissmässig mehr bei trockner und bewegter Luft, als bei feuchter. Wärme fördert die Verdunstung nur, sofern sie mit Trockenheit verbunden ist. Dieses hat darin seinen Grund, dass die atmosphärische Luft bei jeder Temperatur gerade nur ein bestimmtes Quantum Wasserdampf in sich aufnehmen kann — das meiste bei starker Hitze. Der Wasserdampf oder das zu Gas aufgelöste Wasser wird als tropfbares Wasser in Form von Dünsten, Nebeln und Regen niedergeschlagen, wenn die schon bis zum Maximum mit Wassergas angefüllte Luft sich abkühlt; sie wird dagegen um so stärker den Wasserdampf in sich aufnehmen, je weiter sie von jenem Maximum entfernt ist.

§. 6.

Das Wasser geht nicht, wie das Wachs, Harz oder das Glas, allmählig erstarrend in den festen Zustand über, sondern wie bei eigentlicher Krystallbildung, in seinen kleinsten Theilen momentan, während die umgebenden Theile noch vollkommen flüssig bleiben. Die im Wasser zuletzt gebildete äusserste Spitze des Eises habe ich so hart und scharf gefunden, wie das gebrochene ältere Eis. Es findet darum bei der Eisbildung im Momente des Gefrierens eben

so wie bei allen discreten und momentanen Uebergängen des Flüssigen in das Feste ein plötzliches Freiwerden der Wärme statt. Diese frei werdende Wärme ist bei dem Eise so bedeutend, dass sie $\frac{3}{4}$ desjenigen Quantums beträgt, welches erfordert wird, um Wasser von 3° auf den Siedepunct zu bringen. Es würde daher beim plötzlichen Gefrieren des Wassers wie bei andern plötzlichen Krystallbildungen, namentlich beim Chlorecalcium wohl geschieht, das Gefäss sich wirklich erhitzen, wenn nicht solches plötzliches Gefrieren nur dann stattfände, wenn die ganze Wassermasse tief unter 0° erkaltet ist, mithin viel Wärme zu absorbiren fähig ist. Die in kleinsten Theilen frei werdende und darum regelmässig nicht wahrzunehmende Wärme wird an die flüssigen Theile abgegeben und durch Vertheilung in die Luft entführt. Ehe nun nicht wiederum die nächste Umgebung auf 0° gesunken ist, kann keine neue Wärmeausstossung und daran geknüpfte Verfestigung erfolgen. Auf diesem für alle Krystallisation irgendwie geltenden Gesetze der bei der Krystallisation frei werdenden und abzuleitenden Wärme und Electricität scheint das interstitielle, abwechselnde Erstarren in entgegengesetzten Richtungen, das schichtenweise Anlagern der Blättchen zu beruhen, und eben aus diesem Grunde muss die krystallinische Structur um so feiner, gleichmässiger und regelmässiger sein, je allmählicher und stetiger jene abwechselnde Ausstossung der Wärme und Ableitung derselben vor sich geht. Bei der vollkommensten Form von Krystallisation, z. B. bei den Edelsteinen,

werden keine Schichten mehr unterschieden, während die gröberen Krystalle sich sehr locker und voller Spalten darstellen. Dass bei dem krystallinischen Festwerden ein Polarisirtwerden der Massentheilchen concurrirt und dass die Electricität bei diesem Processe noch in weit höherem Maasse bestimmend ist, als die Wärme, zeigen die über den Einfluss der Electricität und des Magnetismus auf die Krystallisation angestellten Versuche und eine Menge polarer Modificationen der Krystallbildung, zeigen endlich die an Turmalin, Boracit, Topas und anderen Krystallen entdeckten constanten positiven und negativen Pole zur Genüge. Ist doch auch die ganze Krystallisation nur eine durchgeführte Entgegensetzung der Richtungen der Flächen gegen Flächen und der aus ihnen gebildeten Flächengruppen. Das Festwerden ohne krystallinische Structur scheint eben in dem Mangel dieser Polarisirung zu liegen, für welche mehrere Stoffe nicht in gleichem Grade empfänglich sind. Doch bleibt auch bei ihnen häufig eine Spur von Strahlung und Schichtung, hier aber meist concentrischer Schichtung übrig und verräth sich in dem muschligen Bruche. Andere Stoffe, z. B. Glas, Schlacken, können durch geeignete Behandlung zur Darstellung krystallinischer Formen und krystallinischen Gefüges veranlasst werden. Zwischen dem Krystallinischen und Nichtkrystallinischen ist daher kein radicaler Unterschied, keine weite trennende Kluft zu denken; vielmehr gehen beide stufenweise in einander über, und eben dieser gesetzmässige Uebergang lässt sich an dem Eise auf

das entschiedenste nachweisen. Auch ist es gewiss irrig, das s. g. Amorphe, Structurlose durchweg für ein gesetzlos Zusammengefügt, oder für eine absolut gleichartige Cohäsion der Theile zu nehmen. Oft stellt sich die dichte Masse durch einen muschligen, um gewisse Centra gelagerten Bruch als auf dem Uebergange zur Krystallisation begriffen dar — so bei dem Glase und bei den Feuersteinen, — anderwärts ist es eine innige Verschmelzung mehrerer Krystalle und in andern Fällen, wo man durchaus keine krystallinische Formen mehr unterscheidet, mag die Krystallisation auf der untersten Stufe sich befunden haben und da fixirt sein.

Merkwürdig ist, dass die neuesten mikroskopischen Untersuchungen der chemischen Niederschläge von Link und Harting ergeben haben, dass die Kugelform und die Zusammenlagerung kugelförmiger (vielleicht halbflüssiger) Körper häufig ein der eigentlichen Krystallbildung Vorgehendes oder sie Vertretendes ist.

§. 7.

Da wir bei den nachfolgenden Beobachtungen und Untersuchungen beständig mit krystallographischen Beziehungen zu thun haben, so wird es zweckmässig sein, noch einige Bemerkungen über den so räthselhaften Process der Krystallisation und seine Bedingungen voranzuschicken. Krystall nennen wir den nicht organischen festen Körper, welcher in eigenthümlicher Selbstkraft sich eine bestimmte, reguläre

Aussengestalt mit symmetrisch vertheilten Parallellflächen, oder ein inneres regelmässiges Gefüge gegeben hat, in Schichten, welche sich gegenseitig unter einer bestimmten Neigung durchsetzen. Die homogene innere Gestaltung des Krystalls hat dessen äussere reguläre Form zur Folge; jene kann desshalb nie fehlen, wenn sie auch überall nicht erkennbar und darstellbar sein mag, wohl aber letztere. Die Schichtungen und Spaltungen der Gebirgsarten unter bestimmtem Winkel sind daher schon als die ersten Anfänge, als eine Tendenz zur Krystallisation anzusehen. Jedes Mineral und jede besondere chemische Verbindung, nebst den ihr gleich gearteten (isomerischen), hat an sich selbst seine krystallinische Eigenform, eine bestimmte Grundform, innerhalb welcher es beständig, aber mit mannigfaltigen Variationen sich gestaltet. Die Richtung hingegen, in welcher das Mineral krystallisirend sich ansetzt, und die Stärke, in der es sich ausgestaltet, sind die Resultate der verschiedenartigen Bedingungen und äussern Einflüsse, unter denen der Stoff krystallisirt, gleichsam die petrificirte Geschichte dieses Processes.

Das Ziel der Natur ist beim Krystallisiren eine möglichst gleichmässige Verfestigung — die Herstellung eines so innigen Zusammenhanges der Theile der Materie, als unter der Bedingung und Voraussetzung ungleicher Cohärenz in verschiedenen Richtungen und unter der Voraussetzung der allmählichen Erstarrung von mehreren Centris aus überhaupt möglich ist. Die möglichst gleichmässige Dichtigkeit und Fe-

stigkeit ist bei jeder besondern Krystallform nur auf eine bestimmte Art zu erreichen möglich, und die immer neu und in andern Richtungen den Krystall durchsetzenden Schichtungen, welche die Zuschärfungen und Abstumpfungen am Krystall bewirken und sich von den andern Flächen durch grössere Härte und Glätte merklich auszeichnen, mithin feiner und vollkommner construiert sind, können als ein Zeugniß für die durch Entgegensetzung zur Ausgleichung hinstrebende Cohäsionstendenz angesehen werden.

In dem tesserale System ist die Entgegensetzung der verschiedenen krystallinischen Strebungen und Schichtungen nebst den entsprechenden Durchgängen die gleichartigste und einfachste, nämlich eine nach allen drei Dimensionen rechtwinklige; in dem pyramidalen und prismatischen System ist die ungleiche Entgegensetzung stufenweise zunehmend; in dem hexagonalen oder rhomboëdrischen nähert sich die gleiche rechtwinklige Entgegensetzung von drei Axen gegen eine Hauptaxe wiederum dem tesserale System und vereinigt in jeder Beziehung in sich die bestimmenden Grundverhältnisse von $2 : 3$ *).

Wo dieses natürliche, sei es absolute oder rela-

*) Dass das tesserale und hexagonale System in der That innerlich nahe verwandt sind, ergibt sich daraus, dass die Metalle, welche meist der erstgenannten Form angehören, gar häufig in die letztere überschlagen und in hexagonaler Krystallform auftreten. Auch bei dem Eise, welches ohne Zweifel dem hexagonalen Systeme angehört, zeigen sich Spuren von tesseraler Bildung.

tive, Gleichgewicht aller in dem Krystalle vorhandenen Grundrichtungen in den entsprechenden Seiten durch irgendwelche Einflüsse gestört und aufgehoben wird, da bleibt schon die erste Anlage des Krystalls eine mangelhafte, oder es gewinnen in seiner weiteren Ausbildung einzelne Strebungen und Seiten im Krystall die Oberhand und es entsteht ein unsymmetrisches Gebilde. Der Krystall wird nach verschiedenen Richtungen ungleich ausgebildet, es entsteht nur ein lockeres Gewebe und ein Gerippe, oder es erscheinen nur einzelne Elemente des Krystalls isolirt gebildet.

So schreitet der Krystall mittelst hemiëdrischer Hälfte - und Drittel- und Viertelgestalten eben so in seine Elemente zurück, wie er sich krystalloëdisch stufenweise aus diesen aufbaut und allmählig zur vollen Gestalt sich erhebt. Alle diese Bildungsstufen lassen sich bei dem Eise verfolgen und nachweisen.

§. 8.

Der Begriff eines Individuums ist bei dem Krystall nicht so leicht zu bestimmen, indem die räumliche Abgeschlossenheit keineswegs darüber entscheidet, ob ein einzelnes Individuum vorliegt. Häufig ist es ein Complex von Individuen oder von Krystallhälften, was den Anschein eines einzelnen Individuums gewährt, und andererseits gewinnen beim Krystalloëdischen nicht selten isolirte Theile das Ansehen eines selbständigen Ganzen. In dem Maasse, wie eine krystallinische Bildung mehr in sich geschlossen und symmetrisch

ist, also im inneren Gleichgewichte steht, wird man ihm Individualität, d. h. Selbständigkeit und Einheit zuschreiben, wiewohl niemals in dem Sinne, wie einem organischen Individuo. Nur diese Analogie findet zwischen beiden statt, dass die erste Bildung, der Krystallkern für alle späteren Theile das Bestimmende ist, dass auch der Krystall von einem dynamischen Centrum ausgegangen und durch und durch nach einem Gesetze und in Bezug auf eine Grundrichtung oder Mittellinie gebildet ist.

Aber freilich etwas Aehnliches, nämlich eine völlig gleiche Lage der Flächen und Durchgänge, zeigt sich häufig bei denjenigen Krystallgebilden, die in ein und derselben Umschliessung, an derselben Wand des Gefässes und unter den nämlichen Bedingungen entstanden sind. Hier verfliessen also die Gränzen der Individuen in einander. Die innigste Verschmelzung zweier Individuen findet bei der Zwillingsbildung statt, indem hier zwei Krystalle in ein und demselben Raume sich bilden und in bestimmter Lage einander durchwachsen, ohne dass einer die Eigenform aufgibt. Isolirung ist die Grundbedingung, dass ein vollkommener Krystall zu Stande komme.

Nur wenn ein Krystall frei schwebend in der flüssigen Masse, in einem tropfbaren oder gasigen Medio, entsteht, kann er von einem Mittelpunkte aus nach allen Seiten gleich vollständig sich ausbilden — darum das Vorkommen vollkommen gleichmässig entwickelter Exemplare verhältnissmässig selten ist; sobald er nach einer Seite anhaftet oder anliegt, wird

nur noch eine einseitige und ungleiche Ausbildung desselben möglich sein. Durch das nähere Zusammenstehen mehrerer Krystallindividuen findet je nach den verschiedenen Materien eine verschiedenartige Alterirung derselben statt, Zusammenwachsung oder völlige Durchdringung, Verwachsung, Zwillingsbildung, oder Durchwachsen. Dieser Einfluss des benachbarten Krystalls ist so verschiedenartig, dass er bald nur eine Neigung der Hauptaxen mehrerer Individuen gegeneinander hervorbringt, bald aber die Individualität der Krystalle ganz aufhebt und die ganze Gruppe nur als einen grössern Krystall erscheinen lässt. So ist es bei dem Quarz, dem Steinsalze und mehreren anderen krystallinischen Substanzen oft nicht möglich, die Grenze der einzelnen Individuen anzugeben, und so gehen auch bei den compacten Eisgebilden die Krystalle oft ununterscheidbar in einander über.

Nicht bloss für die geometrische Betrachtung des Krystalls ist die Hauptaxe entscheidend und maassgebend, sondern sie bildet wirklich die Basis des sich bildenden Krystalls. Freilich findet sich eine solche eigentlich nur in den Krystallen des nicht tesserale Systems. In der Richtung der Hauptaxe ist die Bildungskraft bei weitem am stärksten, und in dieser Richtung fügen sich die meisten Krystalle zusammen. Sie selbst steht regelmässig auf der Anheftungsfläche normal, d. h. nach allen Seiten rechtwinklig. So finden wir auch das Eis an den Fensterscheiben, wie auf einer Wasserfläche, meist gegen diese mit der Hauptaxe normal stehend.

Von der Art der Anhaftung und der mehr oder minder günstigen Stellung der Krystallkerne hängt es ab, welche Ausdehnung und Vollkommenheit der Krystall gewinnt. Steht ein solcher zwischen früher entstandenen eingeklemmt, so wird er theils mechanisch behindert sich auszudehnen, theils wird ihm der reichliche Zugang der zum Krystallisiren disponirten Theile in der Flüssigkeit abgeschnitten und er bleibt hinter den stämmigeren bedeutend zurück. Uebrigens ist keineswegs anzunehmen, dass die kleineren Krystallgebilde die unvollkommenen seien; vielmehr ist bekannt, dass gerade sie die am meisten regulär ausgebildeten und die härteren sind.

So entstehen auch im Eise bei mässiger Kälte grössere und zugleich mehr laxe und verschmolzene Bildungen, während die Eiskrystalle bei strenger Kälte klein und scharfgeschnitten sind, mehr individualisirt und isolirt erscheinen.

Zunächst hängt es ferner von der relativen Stärke und Intensität, dann aber auch von der Richtung, in welcher die einzelnen Krystallgebilde zusammentreffen, ab, wiefern eines durch das andere coupirt wird, oder aber eines das andere durchwächst und durchsetzt, oder auch beide in eins verschmelzen.

§. 9.

Damit eine reguläre Krystallisation sich bilde, wird vor allen Dingen Ruhe der Flüssigkeit und eine gewisse Zeit erfordert; es müssen sich die einzelnen Spannungen und Richtungen gehörig absondern und

zurechtstellen; es wird augenscheinlich die Form des künftigen Festen in dem Flüssigen durch die electrischen und magnetischen Wechselbeziehungen, die in jeder Flüssigkeit zwischen den Wandungen stattfinden, vorbereitet. Zu plötzliches Eintreten der Bedingungen der Krystallisation, z. B. bei chemischen Niederschlägen durch Zusammengiessen, lässt es nicht zu wirklichen Krystallen, sondern nur zu Blättchen und Pulver, oder unvollkommenen Krystallkernen kommen, hingegen gab eine künstliche Verlangsamung der Mischung durch Verdünnung u. s. w. nach Harting's Beobachtungen grössere Krystalle. Schnelles Abkühlen giebt übereilte und unvollkommene Krystallisationen, regellos geformte Blättchen und Fäden oder Fasern *). Im Innern grösserer flüssiger Massen ist daher die eigentliche Stätte für Erzeugung regulärer Krystalle, während alle den Umgebungen anhaftenden Gebilde durch den electrischen oder thermischen Einfluss dieser bestimmt werden. Es müssen ferner dieselben Bedingungen, unter welchen der Krystall entstand, gleichmässig fortwirken. Beunruhigung der Flüssigkeit hindert das Krystallisiren oft gänzlich.

*) Die Bedingungen für das wirkliche Eintreten der Krystallisation sind sehr räthselhaft und der Zeit nach oft durchaus nicht zu bestimmen. Dieselbe Mischung, welche bei gleichen Umständen in kurzer Zeit krystallisirte, gelangte ein anderes Mal in sehr langer Zeit nicht dazu. Eine fest verschlossene Lösung von Eisen - Chlorid stand Jahre lang flüssig und krystallisirte erst, als sie an einen andern Ort gesetzt war, und in Flussspathkrystallen fand man Flüs-

Ausserdem fördert das Feste das Festwerden, das Rauhe und Vorspringende die erste Anhaftung, und so bietet man mehreren flüssigen Substanzen durch eingelegte Fäden und Stäbe einen Anhaftungspunct für das Krystallisiren. Mehr als Alles wirkt aber das schon Krystallisirte fördernd auf die gleichartige oder ähnliche Lösung ein. Es schlägt sich darum aller zum Krystallisiren disponirte Stoff an das schon fertige Gebilde nieder und wird von diesem genau der schon gebildeten Form entsprechend verfestet. Daher die Homogeneität und consequente Continuität der krystallinischen Gebilde.

Aber die Krystalle wachsen, wie aus mehreren Beobachtungen hervorgeht, nicht immer gleichmässig nach allen Richtungen. Sie erstrecken sich vorwaltend in der Richtung der Hauptaxe, während die Seitenpartien zurückbleiben; in anderen Fällen herrscht die entgegengesetzte Richtung vor. Es ist denkbar, dass durch veränderte Umstände ein Wechsel in der Bildungsrichtung eintritt und eine Nebenaxe in die Stelle der Hauptaxe tritt; gewiss sind hiedurch manche krystallinische Irregularitäten zu erklären.

sigkeit eingeschlossen, die anscheinend Jahrtausende in diesem Zustande sich erhalten hatte, dann aber bei Berührung der Luft erstarrte. Auch dass häufig die Krystallisation durch einen mechanischen Anstoss gefördert wird, muss uns verwundern, da doch Ruhe als allgemeine Bedingung für das Gelingen dieses Processes erkannt ist; man kann in solchem Anstoss wohl nur eine Beschleunigung und Störung des sicher, aber höchst langsam, fortschreitenden Processes sehen.

Ein anderer Grund der Missbildung von Krystallen liegt in dem Mangel der zur Krystallisation disponirten flüssigen Masse. Die Folge hievon ist, dass blosse Krystallgerippe, treppenartige Ansätze und Fachwerke entstehen, indem anfänglich die Flächen und Seiten der Krystalle unausgefüllt bleiben, während die die Ecken und Kanten verbindenden Wände, als die Stellen, in denen die krystallinische Bildungstendenz prädominirt, in der Bildung voraneilen. Bei noch stärkerer Verdünnung und Schwächung des krystallinischen Zusammenhalts werden bloss einzelne Glieder eines solchen Gerippes, blosse Ansätze und einzelne Strebungen oder Strahlungen des Krystalls gebildet, die ihre Verwandtschaft mit diesem nur durch die Art, wie sie sich miteinander verbinden, durch den Winkel, unter dem sie sich kreuzen, verrathen. Bei Sublimationen oder krystallinischen Niederschlägen aus gasförmigen Medien finden sich häufig solche Unvollkommenheiten der Bildung und auch der Schnee in der gewöhnlichsten Form ist dahin zu rechnen. Schon die schwächere oder stärkere Streifung und Reifung auf den Flächen des Krystalls, so wie seine inneren Spalten und entschiedenen Durchgänge deuten auf dessen Tendenz zum Zerfallen hin *). Sie ist bei den verschiedenen Mineralien und in den verschiedenen Krystallsystemen eine besondere und anders bestimmte; — ganz vorzüglich aber herrscht diese geometrische

*) Veranlasst durch den Widerstreit entgegengesetzter Formen in ein und demselben Krystalle.

Zerlegung und Auflösung des Krystalls in den krystalloïdischen Bildungen, und nirgends zeigt sie sich schöner als in denen des Eises. Hier sind auch die krummlinigen und krummflächigen Gebilde recht eigentlich zu Hause und mehrere krystalloïdische Congurationen bestehen lediglich aus solchen. Das Krummflächige kommt in der Krystallographie sonst nur selten vor, z. B. beim Diamant und beim Quarz, wo es durch in einander verschmolzene ursprünglich geradlinige Strebungen oder durch ein Nachlassen der Krystallisationstendenz entsteht. Auch im Krystalloïdischen ist alles Krummlinige nur eine Variation der gradlinigen Formen; es ist auch hier nur das Resultat der ab- und zunehmenden Stärke einzelner Richtungen, eine Wirkung der Collision von mehr diametral oder seitlich entgegengesetzten Strebungen oder Spannungen. Es ist hier aber nicht eine bloss zufällige, sondern eine systematisch durchgeführte Erscheinung und bildet eine ganze Reihe characteristisch verschiedener Typen.

Von diesen scharfkantigen, nur aus Zerstreuung und Kreuzung verschiedener Richtungen hervorgegangenen, Krümmung ist übrigens noch die bereits oben erwähnte Kugelform und Tropfenform der amorphen Bildung zu unterscheiden, wiewohl sie auch mit jener combinirt vorkommt. In dem tropfenförmig Erstarrten, wie es auch beim Eise vorkommt, ist lediglich die Massenattraction das Bestimmende, es scheint dagegen die krystallinische Bestimmtheit oder Spannung zurückgetreten zu seyn. Im Geschlechte der

Kiesel oder des Quarzes bietet der wasserhelle und kuglige Hyalith oder Glasopal ein Beispiel dafür dar; er gruppirt sich traubig und nierenförmig. Andere Mineralien zeigen in den elipsoïdischen, walzenähnlichen stengelförmigen, haarförmigen, garbenförmigen und dendritischen Gestalten den Uebergang aus dem krummlinigen Krystalloïdischen zu dem gradlinigen Krystallinischen. Es wird gestattet seyn, die unbestimmte Bedeutung der Ausdrücke: krystallinisch und krystalloïdisch für unsern Zweck hier so zu bestimmen, dass unter ersterem alle gradlinig, scharfkantig begrenzten Gebilde verstanden werden, unter letzterem diejenigen, welche ohne gradlinige Begrenzung mit tropfenähnlicher oder blattartiger Bildung gleichwohl in der Art ihrer Gruppierung krystallinische Tendenz verrathen. Von diesem Typus unterscheidet sich noch die ganz unregelmässige Gestaltung, das bloss Dichte, wie es in tropfsteinartigen Gebilden, in Stalaktiten auftritt.

§. 10.

Ueber die eigentliche Krystallform des Eises ist schon Manches erörtert, viel gezweifelt und gestritten worden, und auch wir werden uns später dem weiteren Eingehen auf diese Frage nicht entziehen; indessen ist doch schon im Voraus so viel als feststehend anzunehmen, dass der Eiskrystall überhaupt dem hexagonalen Systeme angehört, welches auf der rechtwinkligen Entgegensetzung von drei gleichgetrennten Nebenaxen gegen eine

Hauptaxe beruht. Nur über dessen nähere Bestimmung kann man Zweifel haben.

Aus der einfachen hexagonalen Grundform des Eises sehen wir eine grosse Anzahl abgeleiteter oder secundärer Formen hervorgehen, die wieder auf die mannigfaltigste Art mit einander verbunden sind. Entweder nämlich entwickelt sie sich vorwaltend in der Richtung der Hauptaxe, oder in der der Nebenaxen; jenes giebt die sechsseitigen Prismen und deren Zertheilung in dreiseitige, vierseitige; dieses die sechsseitige Tafel, die gleichseitige und ungleichseitige, mit rechtwinkligen oder geneigten Seitenflächen. In der pyramidalen Form sind beiderlei Richtungen gleichmässig ausgebildet. Sie tritt in äusserster Zuspitzung und Abstumpfung auf, als sechsseitige und als dreiseitige Pyramide. Ferner finden sich Andeutungen von Prismen, welche durch Pyramiden zugespitzt und von Pyramiden, welche durch spitzere oder stumpfere in gleichartiger oder in verwendeter Stellung abgestumpft oder zugespitzt sind. Dazu kommen nach einzelnen Beobachtungen noch Rhomboëder und rhombische Prismen, übrigens auch alle Arten von regulärer Zerfällung genannter sechsseitiger Prismen und Pyramiden. Alle diese Formen liegen innerhalb der einfachen Grundform des Eises und treten daraus in bestimmter Stufenfolge hervor. Selten nur erscheinen vollkommene körperliche Grundgestalten, meist nur dünne Tafeln und Compositionen von Lamellen, welche den Grundriss der Krystallbildung mit grosser Präcision und in endloser Mannigfalt darstellen. Dieses ist be-

sonders bei den Schneefiguren zu beobachten, die freilich mitunter als aus vielen Gliedern zusammengesetzte Bildungen, meist aber als unvollkommen ausgeführte einfache Krystalle mit Spuren mehrfacher Combinationen anzusehen sind. Selten fehlen hier die Radian des sechstheiligen Sterns und von ihnen ist jeder gemeiniglich durch weitere Verästelung oder durch mehrfache Abstrahlungen zu einer Feder ausgebildet.

Ueber die durch gehemmte und gestörte Krystallisation im Fenstereis erscheinenden Bildungen äussert sich Walchner (Hdb. d. Oryktognosie p. 34.)

„Die Adhäsion des Wassers an das Glas wirkt der Krystallisationskraft entgegen. Statt eines sechsseitigen Prisma's oder eines Dihexanders entsteht ein federartiges, blumiges Gebilde, zusammengesetzt aus geraden Linien, von welchen aus nach einer oder nach beiden Seiten unendlich viele Linien gehen, die mit den ersten Winkel von 60° und 120° machen. Durch Krümmung der geraden Linien, die wir auch bei den Krystallen treffen, lassen sich alle die zahlreichen Modificationen ableiten, welche die Formen des Fenstereises darbieten. Wir sehen in diesem Gebilde auf das bestimmteste die Neigung zur Hervorbringung von regelmässigen Krystallen ausgesprochen; aber an der Stelle der Körper von ziemlich gleichen Dimensionen tritt die Linie auf. Die krystallinischen Gestalten sind die Rudimente der Krystalle. Der Totalhabitus dieser erscheint bei denselben in den einzelnen Dimensionen; der körperliche Inhalt fehlt.“

Nicht bloss in der Adhäsion des Wassers an das Glas sehe ich den Grund der gestörten Krystallisation, sondern vielmehr in der ungleichen Erkaltung der

Flüssigkeit. Wo dieser Umstand, wie in tief durchkäliteten Räumen, wegfällt, und der Niederschlag des Wasserdunstes an die Fensterscheibe allmählig erfolgt, da zeigen sich scharfkantige Gebilde, wie solche auf der zweiten Tafel in Menge abgebildet sind.

Der an fremden, stark erkälten Körpern gebildete dünne Eisüberzug, wie er bei Glatteis, bei Hagelkörnern und an Fensterscheiben sich zeigt, scheint ohne krystallinische Structur zu seyn, doch giebt er häufig, besonders beim Fenstereis, die Unterlage für eine reguläre Krystallbildung ab.

Bei einer fasrigen Unterlage, wie bei einer Art von Bereifung, zeigen sich oft sehr lockere und formlose Eisansätze, ein schuppiges Gefüge, welches am Ende in bestimmtere, geradlinige, prismenartige Bildungen übergeht, oder ein mehr reguläres Gebilde, das aus den feinsten Fäden einer behaarten Pflanze ähnlich aufgebaut ist (vergl. Tafl. I. Abth. 2. Fig. 1—22.).

§. 11.

Was die ältere Literatur in besonderen Werken oder gelegentlich zur Theorie der Eisbildung geliefert hat, ist wegen des damals niedrigen Standes der Naturwissenschaft und insbesondere, weil man mit Gesetzen der Krystallographie noch völlig unbekannt war, nicht hoch anzuschlagen. Nur die Versuche über das Gefrieren des Wassers in verschiedenartigen Gefäßen, welche Musschenbroek in seinen Tentamin. exper. Lugd. 1731 und in den Additam. ad tentam. Acad. del Cimento veröffentlicht hat und ähn-

liche, welche Mairan 1729 in Versailles vornahm und von ihm in seinem Buche *sur la glace* genau beschrieben sind, verdienen Beachtung. F. Keppler schrieb 1611 seine anmuthige Scherzrede über die Schneeflocken: *Strena s. de nive sexangula*. Durch ihn wurden Pereskius, Gassendi, Cartesius, Hook auf diesen Gegenstand aufmerksam gemacht. Auch Er. Bartolinus schrieb 1660 einen Tractat de *figura nivis*.

Instructiver sind die Zeichnungen von Schneefiguren, welche sich in mehreren älteren Werken in zum Theil sehr sorgfältiger Ausführung aufbewahrt finden und neben wenigen neueren das eigentliche Material zu den Studien für diese Art von Eisbildungen geben. Von sonstigen Eisfiguren und Eisblumen habe ich nur bei Mairan und Scheuchzer einzelne wenige Abbildungen gefunden. In diesem Felde war ich also ganz auf eigene Beobachtungen verwiesen; wie ich mich bei den Schneefiguren fast ganz auf die freilich in grosser Menge vorhandenen Zeichnungen Anderer verlassen musste.

Die Zeichnungen von Schneefiguren, welche F. Martens in seiner Reisebeschreibung von Grönland und Spitzbergen 1671 gab, sind sehr roh, und entweder hat Kundmann, welcher sie in seinem Sammelwerke: *Rariora naturae et artis* Breslau 1737 mittheilte, eine spätere und bessere Ausgabe derselben benutzt, oder sie bedeutend nach eigenen Vermuthungen vervollständigt.

Olaus Magnus in seinem Buche über die Nord-

seeländer H. 22. soll auch mehrere Schneefiguren mitgetheilt haben; ich habe sein Werk nicht bekommen können. Er bemerkte schon, dass, je näher man dem Nordpol komme, um so mannigfaltigere Schneeformen man antreffe; oft 15 und mehr verschiedene Arten in einer Stunde.

Hook gab seine Micrographia 1667 heraus. Sie enthält unter vielen anderen Merkwürdigkeiten auch microscopische Vergrößerungen des Schnees. Schon bei ihm finden sich die gradlinigen und krummlinigen Gestalten, eben so wie bei den spätern Beobachtern.

Scheuchzer theilte in seiner Alpenreise und sonst über hundert Schneefiguren mit, die er zu Zürich 1721 beobachtete. Sie finden sich in dem Prachtwerke Biblia physica. Eine Anzahl derselben findet sich auch bei Kundmann, in dessen Rar. nat.

Kundmann selbst beobachtete den Schnee zu Breslau 1728.

Nettis legte der Akademie der Wissenschaften 1737 eine Reihe schöner Schneefiguren vor; er beobachtete mit grosser Sorgfalt, und zeichnete das Gefundene selbst. Prismatische und fächerartige Figuren herrschen in seinen Zeichnungen vor. Auch von Stoke finden sich in den phil. Transactions Vol. XLII. einige sehr merkwürdige Formen, die er in Middelburg 1742 beobachtete. Musschenbroek theilte mehrere derselben in seinen Institut. phys. 1748 mit.

Die zahlreichste Sammlung von Schneefiguren

gab Engelmann in seinem Buche: *het regt gebruik der Natuurbeschouwingen geschetst in eene Verhandeling over de Sneeuw-Figuren* Harlem 1747. Er hat ungemein sorgfältig und unermüdlich beobachtet, wie schon daraus hervorgeht, dass er genau bei jeder Reihe von Figuren Ort, Zeit, Wind, Thermometer- und Barometerstand angiebt. Auf 28 Tafeln gab er 420 Schneefiguren, von denen die Mehrzahl ganz oder zum Theil krummlinig gebildet ist; ein Umstand, welcher sich vielleicht aus der feuchteren Luft in den Gegenden, wo er beobachtete, erklärt. Dies Werk erfuhr eine zweite Auflage 1749.

Wilke, dieser achtbare Naturforscher zu Copenhagen, stellte zuerst eine Theorie über die Entstehung der Schneefiguren auf, und erläuterte sie durch ganz ähnliche Erscheinungen an einer gefrierenden Seifenblase. Er hatte sich lange mit diesem Gegenstande beschäftigt und theilte gegen 60 Abbildungen in den Abhandlungen der Schwed. Akademie 1761 mit (Bd. 25. 24. p. 10.). Es sind theils lineare, theils blättrige, geradlinige und krummlinige Figuren.

Ihm folgte Cl. Bierkander zu Gjöthene mit seinen Beobachtungen über den Reif, welche er nebst Zeichnungen gleichfalls in den Abh. d. Schwed. Akademie von 1775 mittheilte *).

*) Von älteren Schriftstellern sind als auf den Gegenstand Bezügliches enthaltend noch zu nennen:

Maupertuis *figure de la terre* und Reise durch Lapp-land.

Nachdem das Interesse für den Gegenstand längere Zeit über wichtigere Entdeckungen und Probleme der Physik sehr zurückgetreten war, wurde es in neuerer Zeit wieder geweckt durch die sehr schönen und genauen Zeichnungen von Schneefiguren, welche Scoresby auf seiner Reise nach den Nordpolgegenden 1820 beobachtete. In dem grossen Werke: *Account of the arctic regions and of the northern Whaleschery 1820*, welches von Kries in das Deutsche übertragen ist, finden sich 93 trefflich gezeichnete und zum Theil ungemein schöne Figuren, hier jedoch fast nur geradlinige, dazu genaue Angabe der Grösse, auch Wind- und Wetterbestimmung. Die Figuren sind vollständig mitgetheilt in *Gehler's Physic. Wörterbuch*, nur stehen sie denen im Originalwerke an Präcision bedeutend nach.

Einige schätzbare Beobachtungen finden sich bei Kämtz in dessen *Lehrbuch der Meteorologie*; solche sind auch bereits von Galle bei Erklärung der meteorologischen Lichterscheinungen benutzt.

Hollmann *Comm. Cott.* Vol. III. p. 24.

Cassini *Mém. de l'Academie* II, 87. X, 25.

Lulof *Mém de Berlin* 1740. Tom. VI. p. 83.

Nehem. Grey *Phil. Trans.* T. XXXII. 1723. und T. XLIX. 1756.

Marsiglius *Opus de Danubio*.

Valerius *Wasserreiche*.

Winkler *de causa frigoris et glaciei* 1737.

Hassenfratz (in *Voigt's Magazin* Bd. III. St. 3.).

Marx gab eine Erklärung der Schnee- und Eisfiguren in Schweiger's Journal Bd. LII. H. 4. 1828 *).

§. 12.

Die besseren Zeichnungen der Schneefiguren, die mir zugänglich waren und von mir besonders benutzt wurden, diejenigen von Engelmann, Nettis, Stoke und selbst die ausgezeichneten von Scoresby, sind, so genau auch die Darstellung der Umrisse und so richtig immerhin die Angabe der Linien und Winkel seyn mag, doch noch in mehreren Puncten unzulänglich, in so fern nämlich, als man zuweilen nicht mit Sicherheit bestimmen kann, ob man Linien, welche Umrisse von Körpern darstellen, Flächen, vor sich hat, oder lineare Körper, dünne Fäden; als ferner in mehreren Fällen zweifelhaft ist, ob Lücken oder Aufsätze durch gewisse Umrisse angedeutet seyn sollen. Auch fehlen bei allen Beobachtungen noch die Seitenansichten der Figuren und die Angabe, wie die Rückseite der Figur gebildet ist. Es muss in dieser Hinsicht jetzt Manches durch zweckmässige, auf andere Thatsachen sich gründende, Conjecturen ergänzt werden. Jedoch ist dabei immer wirkliche Beobachtung und Schlussfolgerung genau zu unterscheiden. Bei Scoresby ist man weniger über die Be-

*) In neuerer Zeit haben sich mit der Natur und Form des Eises, Schnees und Hagels beschäftigt: Saussure, Clarke, Smithson, Delcross, Ideler, L. v. Buch, Agassiz, Hugi, Horner, Galle, Schmidt.

deutung der Zeichnungen in Zweifel, und hat er wenigstens bemerkt, dass die innerhalb der Figuren befindlichen Linien an den Schneegestalten weisse Striche oder Streifen darstellen, mithin auf eine in dem inneren Gefüge stattfindende Abgrenzung eines bestimmten Theils der Figur hindeuten. Dagegen hat er nicht wie Engelmann die verschiedene Glätte und Rauheit der einzelnen Theile der Figur bezeichnet.

Zu bemerken ist, dass sowohl Scoresby wie die übrigen Beobachter erwähnen, dass sie bei weitem nicht alle Formen aufgezeichnet hätten, die ihnen vorgekommen seyen. Wir dürfen also auch in dieser Beziehung nicht glauben, dass der Gegenstand bereits erschöpft sey.

Auch für künftige Beobachter bleibt noch viel zu thun übrig. Denn die Sache hat ihre grossen Schwierigkeiten, und es gehört eine holländische Geduld und Ausdauer dazu, die erforderlichen Beobachtungen anzustellen. Abgesehen davon, dass nur eine eiserne Natur lange Zeit ein Beobachten an den kältesten Orten aushalten kann, wie vorsichtig müssen die winzigen Figuren behandelt werden, die uns nur wenige Blicke gestatten, indem sie unter dem Glase eher schmelzen, als man mit der Zeichnung zu Stande gekommen ist. Dieselbe Erfahrung habe ich bei der Beobachtung der feineren Eisblumen am Fenster gemacht; daher die Tafeln oft nur eine flüchtige Skizze und Andeutungen enthalten, die gleichwohl erst nach längerer Uebung und Beschäftigung möglich wurden.

Zu eigentlichen Messungen bin ich bei den Fensterblumen nicht gekommen; doch sind die Verhältnisse, bis auf die vorkommenden mannigfaltigen Curven, ziemlich einfach, und interessirt uns hier auch zunächst der Totalhabitus der Figuration.

Bei den Schneefiguren kommt noch der ungünstige Umstand hinzu, dass man, wenigstens in unseren Gegenden, zu hundert verschiedenen Malen Schnee betrachten kann, ehe man nur wesentliche Verschiedenheiten ausser Sternen und Platten entdeckt. Die meisten Schneefälle sind sehr gleichförmig, oder ganz unförmig, zerflossen verwirrt. Nur an zwei Tagen habe ich eine grosse Mannigfaltigkeit von Figuren im Schnee gefunden, es war zu einer Zeit, da das Wetter wechselte; freilich zeigte sich da eine solche Menge verschiedener Gestalten, dass ich sie nur zum kleinen Theile genau beobachten und zeichnen konnte. Seit dieser Beobachtung war ich erst entschieden von der Existenz der so höchst verschiedenartigen und seltsamen Formationen im Schnee überzeugt. Es mag dieses ein Wink für Diejenigen seyn, welche daraus, dass sie bei gelegentlichem Hinblick auf den Schnee, selbst bei mehrfachem genauen Beobachten nichts Besonderes gefunden haben, auf die Unrichtigkeit der uns überlieferten Formen voreilig schliessen mögten und sie für Phantasiestücke zu halten geneigt sind.

Es ist, abgesehen davon, dass eine absichtliche Täuschung anzunehmen nicht im entferntesten ein Grund vorliegt, ganz undenkbar, dass durch absicht-

liche Fiction oder unwillkürliche Selbsttäuschung in der Beobachtung bei einer überraschend grossen Mannigfaltigkeit eine so durchgängige Gesetzmässigkeit und Uebereinstimmung selbst in anscheinenden Zufälligkeiten und Nebendingen bewahrt sey, als sich hier in den Ueberlieferungen aus den verschiedensten Orten und Zeiten ergiebt. Dass in Einzelheiten Irrungen vorgekommen seyen, ist allerdings wahrscheinlich; aber gegen die daraus entstehenden Fehlgriffe wird man sich dadurch ziemlich sichern, dass man nur dann auf eine überlieferte Erscheinung Werth legt, wenn sie von mehreren Beobachtern in eigenthümlicher Weise bezeugt ist und in anderen Analoga hat.

§. 15.

Von der grossen Anzahl vorhandener Abbildungen von Schneefiguren konnte hier natürlich nur eine Auswahl mitgetheilt werden, und es musste so ausgewählt werden, dass von jeder Art wenigstens einige Beispiele gegeben wurden. Nothwendiger Raumersparung wegen konnten auf Tafel V. eine Menge Figuren nur abgekürzt gezeichnet werden, wodurch sie freilich für den Anblick sehr verlieren. Indessen lassen sie sich nach den gegebenen Andeutungen leicht reconstruiren und dies wird für den wissenschaftlichen Zweck genügen.

Was die Anordnung dieser Schrift betrifft, so wird es zweckmässig seyn, in den nächsten Abschnitten die Thatsachen und das Material voranzuschicken

und dann erst die speciellere Erklärung der allgemei-
nern Erscheinungen an der Eisbildung, wie auch der
besonderen Phänomene, an einzelnen Arten nachfol-
gen zu lassen, nachdem ein vollständiger Ueberblick
über das Ganze gewonnen ist. Die Eisgebilde an den
Fensterscheiben und die Schneefiguren, sammt den
übrigen atmosphärischen Eisgebilden, werden, da sie
ein grosses Detail darbieten und als Hauptinhalt der
Abhandlung anzusehen sind, am längsten uns be-
schäftigen und sonstige Vorkommnisse am Eis und an
andern krystalloïdischen Substanzen nur zur Erläute-
rung von jenen beigebracht werden.

Zweiter Abschnitt.

Eisbildung an den Fensterscheiben.

§. 14.

Die Eisfigurationen an den Fensterscheiben haben etwas Eigenthümliches und zeichnen sich besonders vor den sonstigen Eisbildungen im Wasser durch ein reicheres Formenspiel aus. Hiervon ist der Grund zum Theil in der Dünnhcit der gefrierenden Wasserschichten, die durch im Zimmer niedergeschlagene wässrige Dünste entstehen, zum Theil in den starken Gegensätzen und Abwechslungen der Temperatur, unter denen diese Figuren zu Stande kommen, zum Theil auch wohl noch in anderen Einwirkungen, z. B. in den Anhaftungspuncten und nächsten Begrenzungen zu suchen.

An sich verhält sich das an der Fensterscheibe Gefrierende, wie jedes andere Eis, und zunächst wie das in einem flachen Gefässe gefrierende Wasser. In der That haben die Figuren, welche auf horizontal liegenden Glastafeln sich bilden, die dünn mit Was-

ser überzogen sind, mit den Fensterblumen eine grosse Aehnlichkeit; nur sind die letzteren meist regelmässiger und schöner gebildet, und mehr in sich selbst übereinstimmend; auf den liegenden Glastafeln gehen gleichfalls die Eisstrahlungen von dem Rande aus, aber sie kreuzen sich oft von allen Seiten und man kann selten eine bestimmte Figur und ein charakteristisches Gefüge unterscheiden; es ist hier oft, als wenn Wellenschläge von verschiedenen Seiten sich durchkreuzt hätten und so erstarrt wären. Zu einer eigentlichen Federbildung, die bei den Fensterblumen das Häufigere ist, kommt es hier selten.

Die Combination der in dem Zimmer stattfindenden und der draussen herrschenden Temperatur ergibt den zum Gefrieren erforderlichen Kältegrad für die an der Fensterscheibe haftende Flüssigkeit. Beide Temperaturen, innere und äussere, können und werden bei sehr verschiedenen Abständen sich in der von aussen erkälteten und von innen erwärmten Wasserschicht zu 0° ausgleichen, aber natürlich um so eher und schneller, je stärker die äussere Kälte und je schwächer die Wärme innen ist. Kein Wunder, dass die verschiedenartige Abstufung der Temperaturen andere Eisformen hervorruft, und dass zu derselben Zeit in demselben Zimmer ähnliche Figuren entstehen.

Auch der Dunstniederschlag aus der Luft in dem bewohnten wärmern Zimmer an der kalten Scheibe wird ein stärkerer und anderer seyn, als in dem kälteren Zimmer — und zwar wird er in dem wenig erwärmten, nicht bewohnten Zimmer bei starker äusse-

rer Kälte am feinsten seyn. Häufig wird der Niederschlag wieder verdunsten, noch ehe er gefroren ist. Die Differenz der Wärme im oberen und unteren Theile des Zimmers hat gleichfalls Einfluss auf die Eisbildung, und zwar nicht bloss an den verschiedenen Scheiben, sondern auch an ein und derselben. Am unteren Theile der Fensterscheibe beginnen daher die meisten Ausstrahlungen und hauchartigen Belagerungen. Auch von den Seiten her strahlt das Eis wohl von den Rahmen aus, zuletzt kommen den anderen wohl kleinere Strahlungen von Oben entgegen. Selbst das Herabfliessen des Tropfens, verbunden mit dem Aufstreben des wärmeren Fluidums wird hierbei mitbestimmend seyn.

Die Glasscheibe ist aber gerade um desswillen eine so besonders günstige Unterlage für die Entwicklung der Eisfiguren, weil sie durch ihre glatte Oberfläche und als ein electrischer Isolator jener ganz freien Spielraum giebt und nicht störend einwirkt. In der Regel werden die grösseren Figuren nach Art und Stärke durch die erste Anhaftung am Rande und durch das Quantum des Fluidums bestimmt, in welches hinein sie sich erstrecken. Nur bei der Entstehung der kleineren Dunstniederschlagsfiguren giebt die zufällige Rauhigkeit der Fensterscheibe, eine Ritze oder auf ihr zurückgebliebener Schmutz einen Anhaftungspunct, sowohl für das Niederschlagen des Dunstes, wie für dessen Gefrieren. Bei allen vereinzelt oder nur locker zusammenhängenden Gebilden hat die erste Ausstrahlung vom Rande her weniger einen

die ganze Form bestimmenden Einfluss. In vielen Fällen ist für den ersten Entwurf der Figur eine auch in die Ferne wirkende krystallbildende Thätigkeit hierbei entscheidend, wie unten an einer Reihe von That- sachen nachgewiesen werden wird, die auf keine andere Weise zu erklären sind.

§. 15.

Unter den Eisfigurationen an den Fensterschei- ben zeigt sich zuvörderst ein Hauptunterschied darin, wie dieselben entstanden sind, ob nämlich unmittel- bar aus dem niedergeschlagenen Wasserdunst, wie solches in kalten Räumen geschieht, oder aber durch Gefrieren in einer früher gebildeten und angesammel- ten mehr oder minder zusammenhängenden Wasser- schicht. Jenes giebt die kleinen, oft geradlinigen und scharfkantigen, oft blättrigen Gebilde, welche man wie einen Anflug an den Fensterscheiben zer- streut findet, dieses aber erzeugt die schönen grossen Zeichnungen, welche nach einer Grundform gebildet und zusammenhängend, einem Palmenstamme oder Federschweife gleichend, häufig über die ganze Flä- che der Glasscheibe sich hinziehen und von dem Fen- sterrahmen ab, oder von einem stehen gebliebenen Stücke Eis, ihren stämmigen Auslauf nehmen.

Wir mögen die ersteren Primairfiguren oder Stückfiguren nennen, die letzteren als solide Figu- ren oder zusammenhängende Figurationen be- zeichnen.

Als eine dritte Art könnte man noch diejenigen

Figurationen hervorheben, welche das Characteristische der beiden ersten Arten in sich vereinigen und durch eine reguläre Ueberwachsung und Uebersetzung der soliden Figuren entstanden sind.

Die Primairfiguren (Taf. II.) finden wir oft als Blättchen, in der Grösse von Sandkörnern und dicht zusammenliegend — oft mehr vereinzelt. Sie überschreiten wachsend und sich in mehreren Richtungen linienartig ausbreitend selten die Grösse eines Zolls. Mit äusserst feinen Nadeln oder Fäden setzen sie sich gleich Federn und Pflänzchen zuerst an einzelnen Stellen der Fensterscheibe fest, oft an Hervorragungen und Rissen des Glases, an Eislagerungen, an Spinnengewebe oder sonstigen Unebenheiten, und verbreiten sich von solchen Anfangspuncten aus weiter. Dies geschieht, ohne dass die einzelnen Figuren und Strahlungen je sich in einander verwirren und durchkreuzen, vielmehr hält jede einzelne Figur und jede neue Hauchlagerung einen Raum, wie einen Hof, um sich her frei, und füllt vorwaltend die der benachbarten Figur ferne liegende Stelle aus. So entsteht die immer sehr gleichmässige Vertheilung der Figuren auf der Fläche.

Man kann bei den Primairfiguren verschiedene Arten und verschiedene Stufen der Ausbildung unterscheiden, einfache und zusammengesetzte, geradlinige und krummlinige. Bei allen ist die Beziehung auf die krystallinische Grundform des Eises unverkennbar und bei allen bleibt, wie auch aus allen sonstigen krystallographischen Beobachtungen zu folgern, die

erste Anhaftung für das Weitere entscheidend. Auch die gleichmässigen feinen Eisüberzüge der Fensterscheiben kann man, da sie aus den nicht an einander gelagerten Blättchen oder Täfelchen bestehen, zu den Primairfigurationen rechnen; durch verschiedenartige Ueberlegung nehmen sie dann freilich in der Folge einen veränderten Character an.

§. 16.

Die soliden Figuren entstehen meist auf andere Weise, als die Primairfiguren. Nur eine Art derselben, die der arabeskenartigen Gebilde, nimmt, ähnlich, wie manche der letzteren, oft aus einer anfänglich gleichmässigen Hauchschicht ihren Ursprung. Dieser mattglänzende undurchsichtige Eisüberzug besteht offenbar aus einer Zusammenlagerung überaus feiner Wassertropfen, die durch weiteren Niederschlag immer mehr sich verdicken und verschmelzen.

Bei welcher Stärke des Niederschlags die Tröpfchen gefrieren, dieses entscheidet über den Character des daraus hervorgehenden Eisgebildes. Bei der feinsten gefrorenen Hauchschicht zeigt sich ein irisirendes Farbenspiel. Die schon zu grösseren Tropfen zusammengeronnene flüssige Anlagerung hat eine Masse einzelner Eisblättchen oder Schilder zum Resultate, von denen jedes zwar für sich krystallisirt, durch die sich jedoch trotz des Abstandes der einzelnen Tropfen eine gemeinsame Structur hinzieht, so dass das Ganze gleichwohl eine dendritische Zeichnung giebt. Oft werden aus den einzelnen Tropfen nicht dicht zusam-

menliegende flache Schilder, sondern lauter bunt zerstreute Nadeln oder Prismen, die sich, wie durch einen Magnet geführt, bei anscheinender zufälliger Zerstreung zu Verzweigungen zusammenfinden und in den graziösesten Bogenschwingungen sich ergehen. Aehnlich verhält es sich, wenn bei hoher Kälte durch immer mehr Niederschläge und daraus entstandene Eisschichten eine gleichmässige Bedeckung der ganzen Fensterscheibe gebildet ist. Anfänglich bemerkt man nur ein gleichmässiges Flimmern und Glitzern an der dünnen Eisdecke, dann eine gleichartige Streifung von schmalen Rinnen, die sich unter einem Winkel von 60° und 120° kreuzen. Aus diesem gleichmässigen Gewebe entwickeln sich dann bei weiterer Fortbildung dendritische Zeichnungen, die von unten aufsteigen und sich durch eine verschiedene Structur und durch heller glänzende Blätter auf dem übrigen feinkörnigen Grunde auszeichnen. Die glänzenden Blätter sind an den Seiten und Enden der Zweige am breitesten und greifen hier mehrfach über einander; während am Hauptstamme, in welchem offenbar das Gefüge am stärksten ist, Spalten und Risse entstehen. Diese Spalten folgen genau der Richtung des Stammes, nehmen an Breite zu und lassen auf eine stärkere Verdunstung des Eises an diesen Stellen schliessen.

§. 17.

Auf eine ganz andere Art entstehen die grösseren palmenartigen Figurationen, nämlich durch Er-

streckung einiger oder mehrerer scharfer Eisstrahlen in eine an der Fensterscheibe gesammelte zusammenhängende Wasserschicht. Sehr gut wird dieser Vorgang von Horner geschildert (Gehler's Phys. Wörterb. B. III. p. 108.):

» Um die Natur in ihrer Malerei zu belauschen, behauchte ich bei einer äusseren Kälte von 7° R. eine mit dickem Reif bedeckte Fensterscheibe so lange, bis die Eiskruste wegschmolz und auf der Glasfläche nur eine dünne Wasserhaut hängen blieb, die so zart war, dass die Scheibe, zumal an den oberen Stellen, dem Auge ganz trocken schien. Nach etwa fünf Minuten zeigten sich zu beiden Seiten und bald darauf auch unten kleine grade und gekrümmte Spitzen, die von dem noch stehen gebliebenen Eisrande aus in verschiedenen Richtungen ausgingen. Einige derselben schoben sich mit bedeutender Schnelligkeit vor und trieben nach beiden Seiten schön geschweifte Büsche, die bald darauf an Grösse und Ausbreitung noch zunahmen. Es war ungemein ergötzend, das Entstehen und Wachsen jener buschigen Zweige mit dem Auge zu verfolgen; sie hatten ursprünglich ganz das Ansehen der wohlgeformten Fahne einer Schreibfeder; diese vorn scharf zugespitzte Fahne war anfänglich etwa 1 Linie breit, mit den zartesten Seitenfasern versehen; letztere traten in vollständiger Anzahl ganz im nämlichen Momente aus ihrem Stamme heraus, so wie die Spitze sich vorwärts schob, was mit einer sichtbaren Geschwindigkeit von etwa $\frac{1}{4}$ Linie in der Secunde statt fand. Das von den heraustretenden Spitzen sichtbar verdrängte Wasser umfloss dann in weicher Rundung die neuen Gewächse, so dass nirgend etwas Scharfes, Eckigtes sich bilden konnte. Es war unmöglich, das immer rege

Spiel einer so kräftigen Vegetation auf allen Seiten zu verfolgen; manches Bemerkenswerthe musste übersehen werden. «

Aehnliche Vorgänge habe auch ich häufig beobachtet und zwar sowohl an stärker mit Wasser belegten Glas-scheiben, wie an einzelnen Stellen, die zu solchem Zweck an eisbedeckten Fensterscheiben durch Anhauchen geschmolzen waren. Dort durchschnitt die Spitze der Fahne voraneilend die Wasserfläche wie die Schneide eines Messers und gab bei einer kräftigen Mittelrippe nur eine schwache Biegung; in anderen Fällen fehlte die Fahne und die Eisbildungen durchzogen (von einer starken Eislagerung ausgehend) die ganze Wasserfläche mit rankenartigen, stärker geschwungenen, einzelnen Zweigen, die erst später mit feinen Zwischenstrahlen sich ausfüllten. In den kleineren aufgethauten Stellen bemerkte ich an der breit und voll herabgesenkten flüssigen Masse, dass sie, dem Gefrieren nahe, auf einen immer engeren Raum sich zusammenzog, dann an der äusseren Grenze gradflächig sich abplattete, bis dann die von ihrem Rande hervorbrechenden Eisstrahlen sich in der Mitte des Fluidums einander begegneten und abschnitten.

Es kommt übrigens auch vor, dass einzelne stämmigere und gradlinige balkenartige Bildungen, zumal wenn sie von einem Eisrande auslaufen, die zwischen ihnen gelegene Flüssigkeit völlig absorbiren und nur einen hauchartigen Anflug als Residuum derselben zurücklassen.

Horner bemerkt noch, dass eben diese Erschei-

nungen uns zeigen, wie bei schnellem Gefrieren dünner Eisschichte die krummlinige Fortpflanzung der Eistheile vorherrschend sei und höchstens in der Richtung der Seitenfasern jener Federbüsche eine Tendenz zur Gleichförmigkeit, namentlich die Anreihung unter dem Winkel von 60° bemerkbar werde, während der eigentliche Typus der Eisform, wie bei den regulären Schneefiguren, bestimmter hervortrete, sobald die Operation mit möglichster Langsamkeit und Ruhe vor sich gehe; er hat indessen weder einen Grund für die krummlinige Bildung anzugeben versucht, noch hat er deren grosse Verschiedenartigkeit und durchgängige Gesetzmässigkeit hervorgehoben.

§. 18.

Die Grundlage aller dieser Gebilde bietet der einfache prismatische Strahl dar, der sich vom festen Rande in die Wasserfläche hinein erstreckt und sich mehr und mehr zerlegt, sich aufsetzt und ansetzt, wie Taf. III. Fig. 5, 6, 13, 23, 24. die massiven Anfänge dazu darlegt. Der Strahl ist bald ein einfacher, bald ein zusammengesetzter, gleichsam ein Bündel von Prismen, die sich in weiterer Fortbildung von einander lostrennen und zerstreuen. Kreuzungen ganzer Bündel von Strahlen zeigen sich besonders in den fächerartigen und krautartigen Bildungen. Sobald der einfache Strahl sich biegt, dann fiedert er an beiden Seiten unter einem Winkel von 60° aus und zwar an der äussern Seite regelmässiger, als an der Innenseite. Auch ein Abstrahlen nach rückwärts

kommt mit einer Vorwärtsstrahlung verbunden vor, und selbst die Mittelrippe fand ich einmal fehlend (Fig. 24.). Zwei und mehr Federn, die mit der convexen Seite gegen einander gewandt sind und in der Mitte lauter ähnliche hervorspriessen lassen, geben den palmenartigen Busch (Taf. III. Fig. 1.), der sich am äussersten Ende fast wie ein Pfauenschweif ausbreitet. Gehen Abstrahlungen einseitig unter spitzen Winkel immer eine aus der andern hervor, dann giebt's die fächerartige Bildung, deren Enden sich doldenartig ausbreiten und umbiegen (wie Taf. III. Fig. 2.). Endlich können auch die einzelnen Strahlen und Abzweigungen schon von ihrem Ausgange an dergestalt verschmolzen sein, dass weder eine geradlinige Gestalt, noch eine reine Curve ersichtlich ist, sondern nur ein netzartiges Gewebe, welches sich in Stämme und Zweige zerlegt. Diese sind sämmtlich, wie verschieden auch gelegen und ausgebreitet, auf homogene Weise gebogen und stellen eine schöne arabeskenartige Zeichnung dar, die bald mehr einen linearen, vielzertheilten, bald mehr einen breitblättrigen Character an sich trägt, immer aber einen bestimmten Gesammttypus in allen ihren Theilen festhält (Taf. III. Fig. 3.).

Diess sind die verschiedenen Modi der krystallinen und krystalloïdischen Bildung, welche die drei charakteristischen Typen und Formen der soliden Figuren bestimmen. Doch gehen wir zuerst die Primairfiguren im Einzelnen durch.

A. Primairfiguren.

a. Grundstücke.

§. 19.

Unter obiger Benennung wollte ich alle diejenigen Eisbildungen zusammenfassen, die unmittelbar aus Dunstniederschlägen an der Fensterscheibe gebildet sind und deshalb eine feinere Structur bei geringer Ausdehnung haben, während die in flüssigen Lagen erstarrten Figurationen eine weitere Ausdehnung und eine complicirtere Gestaltung zeigen. Die Primairfiguren befassen daher sowohl die einzeln liegenden Grundstücke, wie die linearen geradlinigen Figuren und die baumschlagartigen Anlagerungen, welche aus mehr oder minder gestreckten Kügelchen oder Maschen bestehen.

Die merkwürdigste und seltenste von diesen drei Arten ist die der Grundstücke. Dies sind einzelne wasserhelle, scharfkantige Eiskörperchen — augenscheinlich wahre Krystalle, welche halb erhaben auf der Glasscheibe aufsitzen. Sie finden sich nesterweise in mehr und minder ähnlicher Gestalt zusammengelagert, doch nur bei ziemlich starker Kälte. Sie überschreiten die Grösse von $\frac{1}{4}$ Linie nicht; meist sind sie weit kleiner. Immer nehmen sie den unteren Theil der Fensterscheibe ein, finden sich nahe an dem Rahmen oder auch vor den unten stehengebliebenen Lagerungen fester oder zerklüfteter Eisbänke und setzen dann die ursprüngliche Structur dieser als freien Anflug fort. Ihre Gestalt und Lage findet

sich Taf. II. Fig. 1 bis 20. Taf. IV. Fig. 1. dargestellt.

Es sind ganze und zertheilte Durchschnitte des Prisma's, Taf. II. fig. 2, 3, 4, Dreiecke in verschiedener Weise verschoben und an den Ecken abgestumpft (Fig. 3—12.), Vierecke, quadratische Flächen, nach der Richtung der durch die Ecken gehenden Diagonalen verbunden (Fig. 18—26.), ferner Pyramiden und Prismen in verschiedenartigen Lagen, verkürzt und getheilt (Fig. 32.). Von diesen Grundstücken lagern sich ähnliche in gleicher Lage zusammen, wie Taf. II. Fig. 10, 11 u. 12. zeigt; bald liegen sie dicht und an einander, bald sind sie theilweise in einander geschoben, Fig. 10. 11. 12. 13. — Andere Stücke bilden eine Grundlage, von der aus andere Gestalten wie Zähne aus der Kinnlade hervorspriessen, Fig. 13 bis 17. Das hervorgewachsene Gebilde ist gestreckter und meist säulenförmig, es liegt gegen die Seite seiner Unterlage bald rechtwinklig, bald unter einem Winkel von 60 oder 120 Graden.

§. 20.

b. *Figurirter Anflug.*

Diese Kategorie befasst alle die Bildungen, welche mit entschieden ausgeprägter, meist linearer oder schmalflächiger, Gestalt und Gliederung entweder einzelt auf den Fensterscheiben frei sich ansetzen und ausbilden, oder von anderen Gegenständen, Eislagerungen oder Fäden, als deren Besetzung auslaufen. Sie bilden allerlei Gitterwerk, mehr oder minder voll-

kommene Theile eines Sterns und dendritische Aufthürmungen (Taf. II. Fig. 34—59; 50—56, 59—64). Unter den als Besatzung auftretenden Figuren ist die tannenbaumartige Gestalt mit heruntergeneigten Strahlungen (Fig. 61, 62.) bei weitem die häufigste. In einiger Entfernung haben sie das Ansehen einer Zeichnung mit schneeweissen Linien; durch die Loupe betrachtet gleichen sie eckigen Glasperlen, die auf Schnüre gezogen sind. Es sind in der That mannigfaltig verbundene Reihen von gleichartigen krystallinischen Gebilden, die in verschiedenen Richtungen sich erstrecken und wiederum feinere, aber immer ähnliche Gebilde seitwärts aussenden. Jede einzelne Figur ist daher als eine Reduplication der Kerngestalten, der vorhin erwähnten Grundstücke, anzusehen und sie sind dem entsprechend bald aus quadratischen oder länglich - rectangulären, bald aus rhomboëdrischen und spitzen Pyramidengestalten, bald aus verschobenen sechseckigen Tafeln aufgebaut. Die Figur zeigt oft einen ganz anderen Character, als ihre Bestandtheile. Jede Figur und jede Art von Figuren hat ihren eigenen bestimmten, durch alle ihre Theile gehenden Typus und alle ihre Theile sind genau nach derselben Richtung gelagert und in gleicher Weise geformt. Sehr verschiedenartige Figuren kommen neben einander liegend auf derselben Scheibe vor; nur die Stärke und Grösse der Figuren ist in denselben Räumen immer ziemlich eine gleiche.

Besonders vollkommen bilden sich die letzten Glieder oder Blättchen der Figur aus; sie gewinnen

eine den Grundstücken ähnliche Selbständigkeit und Klarheit. Beachtenswerth ist ferner die an den beiden Seiten ganz entgegengesetzte Abgliederung einer Krystallschnur: an einer Seite breit und unter stumpfem Winkel; an der andern schmal, kurz und spitzwinklig; hier geradlinig, dort gekrümmt, Fig. 44, 45, 46, 49, 59, 60, 67.

Von einer schwachen Biegung und Verschiebung dieser meist geradlinigen Figuren, veranlasst durch zunehmende Breite der einzelnen Figuren-Theilchen steigt die Krümmung bis zu den kühnsten und elegantesten Schwingungen, Fig. 70—76. Die Krümmung nimmt zu, je feiner die Linien sind. An einem mikroskopisch feinen Gebilde hatte das Ranken durch zunehmende Krümmung das Ansehen von Locken, Fig. 71, 73, 79.

Wie die Grösse und Gestalt der Theile an der einzelnen Figur durchaus constant ist und auch die Stärke der zu derselben Zeit gebildeten Figuren, so namentlich auch die Art der Krümmung. Ich muss annehmen, dass diese Modification in einem Momente der Witterung begründet ist, da sie an denselben Tagen an den Fenstern vieler Häuser sich ähnlich ausgebildet fand. Die schwach gekrümmte, schlecht zusammenhängende Figuration F. 66. zeigte sich, als die Witterung dem Thauen zuneigte; die feinsten und kühnsten Schweifungen fand ich bei hoher Kälte.

Als Seltsamkeit ist noch zu erwähnen, dass zwischen einer Menge von Anflugfiguren der beschrie-

benen Art nur einige wenige kleine sechsstrahlige Bildungen sich aus der Fläche erhoben und Täfelchen auf einer freien krystallinischen Unterlage empor trugen, Fig. 33. Nur bei dem in reguläre Theile zerfallenen Hexagon fand ich dieses und hier auch nur zeigte sich die sehr merkwürdige symmetrische Ausgliederung und Knospung homogener Figuren auf zweiter und dritter Stufe, Fig. 27, 28; deren krummliniges Seitenstück offenbar Fig. 29 u. 30. ist.

Unter den mannigfaltigen auf Taf. II. dargestellten Compositionen dieser Figuration hebt sich entschieden der Character der säulenförmigen rectangulären Verbindung neben der mehr seitlichen Aufthürmung hervor. Dieser zeigt die verschiedenartigsten Zuspitzungen (Fig. 38, 39, 96.) und ist wahrscheinlich pyramidalischen Ursprungs, während der rectanguläre Bau prismatisch ist. Letzterem gehören die Bildungen Fig. 35, 36, 30, 31, 34, 96. an; unter ihnen zeigt 26. den in sich geschlossenen Typus einer Mauerkrone mit gleichen zinnenartigen Vorsprüngen.

§. 21.

c. *Baumschlagartige Figuration.*

Sie wird lediglich aus rundlichen oder oval gestreckten Eisplatten gebildet, die anscheinend einer krystallinischen Structur ermangeln und keine geradlinige Begrenzung zeigen. Lediglich die Art ihrer Gruppierung zeigt die Beziehung, welche sie zur Krystallisation haben, denn die einzelnen Massen oder

gefrornen Tröpfchen legen sich ursprünglich in Form des sechstheiligen Sterns (Taf. II. Fig. 80.) und erst bei weiterer Erstreckung verliert diese Formation mehr und mehr diese Tendenz. Es tritt dafür eine gleichartige Zusammenreihung und eine Stellung in Haufen oder Gruppen ein, die in ihrer verschiedenen Lagerung und Zusammenfügung sehr charakteristisch alle Arten von Baumschlag darstellen. Die einzelnen Maschen haben in derselben Figuration die gleiche Gestalt, Grösse und Biegung und gleichfalls ist die Lagerung und Zusammenfügung dieselbe; hiernach hat die Gesamtgestalt nothwendig jedesmal einen andern Character. Taf. II. Fig. 85—90. giebt einige Beispiele hiervon. In dichtester Zusammenlagerung bewirkt diese Figuration auch einen gleichmässigen Ueberzug der Fensterscheibe, welcher nur an den Enden, wo die Massen nicht so dicht zusammengereiht sind, seine eigentliche Construction verräth.

Diese krystalloidische Formation der Primairfiguren combinirt sich nun auch mit dem figurirten Anflug, indem einestheils trotz mangelnder äusserer geradliniger Begrenzung innerlich sich geradlinige Strebungen zeigen. So entstand das sternförmige Gebilde Fig. 94. und die tannenbaumartige Formation Fig. 97.

Eine nicht selten vorkommende Besetzung anderer Eislagerungen Fig. 95. ist nach ihrem durchsichtigen glasartigen Habitus die krystalloidische Umgestaltung der mehr krystallinischen Tannenbaumform Fig. 61. Ihre Seitenstrahlung geht immer aufwärts, während diese nur rückwärts und etwa rechtwinklig ab-

strahlt. Sie scheint mehr im Flüssigen, wie die Palmenform, nicht aber successiv aus Dunstniederschlägen gebildet zu sein.

Auch die gradlinigen Anflugfiguren schlagen oft theilweise in diese Formation über und an derselben Figur findet sich ein Theil in dieser Art laubähnlich, ein anderer gradlinig ausgeführt.

§. 22.

d. *Uebergangsformen.*

Den Uebergang von den Primairfiguren zu den soliden scheinen folgende Arten von Gebilden zu machen.

Streufiguren.

Sie sind ein Anflug feiner Eisblättchen, die in ihrer Nebeneinanderlagerung die schönsten und feinsten arabeskenartigen Schwingungen darstellen.

Bereits früher habe ich der schönen Schwingungen erwähnt, die durch einzeln hängende Tropfen, durch Bildung und Zusammenlagerung von geradlinigen Prismen gebildet werden. Aehnliche Zusammenlagerungen kommen von jeder Grösse vor und die Zeichnung wird um so schöner, je feiner die einzelnen constituirenden Bestandtheile der hingestreuten Figuren sind. Diese gleichsam in einem wirbelnden Tanze erstarrten Elemente sind bald $\frac{1}{4}$ Zoll gross, bald von mikroskopischer Feinheit; ich fand sie an mehreren Figuren gradlinig, an anderen gebogen, und bei anderen waren es feine baumschlagartige Blättchen und Knospen (Taf. IV- Fig. 11. 12. 13.).

Besonders in der letztgenannten Form geht dieser Anflug augenscheinlich von stärkeren abgeschmolzenen Eisfiguren aus und ist deren freie Fortführung und Variation (Fig. 12.). Es muss also hier auf die einzelnen isolirt liegenden Theilchen ein regulirendes Princip von der schon vorhandenen compacten, aber irgendwie coupirten, Eisfigur aus einwirken und zwar unabhängig vom körperlichen Zusammenhange. Dieses augenscheinlich von den stärkeren Eisstrahlen ausströmende Princip, mag es nun auf den Dunstniederschlag, oder nur auf dessen Gefrieren einwirken, muss, nach seinen Wirkungen zu schliessen, von höchster Feinheit und Biegsamkeit sein. Jede Schweifung und Verästlung fügt sich vollkommen nach allen übrigen.

Netzwerk und buschige Figuren.

Auch sie ziehen sich mit dem Character von Primairfiguren über die Scheibe hin (Taf. IV. Fig. 16. 17, 13.). Die Fig. 13. ist aus kammartig zusammengestellten gradlinigen Reiseren aufgebaut, deren jedes eine vier- bis fünfmalige Biegung in einem stumpfen Winkel zeigt. Fig. 15. ist aus dockenartig geformten Reiserbündeln zusammengefügt. Merkwürdig ist bei diesen Figurationen, die ich nur einmal in einem kalten Raume und zwar auf einer grossen nur der Mittagssonne kurze Zeit ausgesetzten Fensterscheibe erblickte, dass die verschiedenartigsten Elemente sich immer wieder zur Gestalt eines Busches gruppiren

und die dendritische Grundform aller Eisfiguration wieder darzustellen streben.

Tafelwerk.

Zu den Uebergangsfiguren mögte ich endlich noch eine eigenthümliche und zwar nicht zufällige, sondern constante Figuration rechnen, welche ein fast regelloses Tafelwerk darstellt, mittelst ebenmässiger schmaler Eisflächen, die wie Balken eine aus der andern hervorgehen oder über einander sich herlegen. Nur durch Zeichnung lässt sie sich anschaulich machen, Taf. III. Fig. 25. Die eckigen Felder sind entweder mit feinstem Anfluge ausgefüllt, oder, sofern die Figuration auf einer andern Eisunterlage sich bildete, trüb, — während die flachen Balken glatt und durchsichtig erscheinen. Fig. 24 und 25. lässt ihren Ursprung von einzelnen Eisstückchen aus, die in einer flüssigen Massen liegen, vermuthen.

Jene dienen als Ausstrahlungspuncte und Anhaftungspuncte für die Stämme, die ursprünglich wohl auch unter 60° abstrahlen, dann aber unter den verschiedensten Winkeln sich kreuzen und fortpflanzen. Es sind also coupirte Anfänge breiter Zweigstrahlungen.

B. Solide Figuration.

§. 25.

a. *Palmenform.*

Die Classe grösserer und entschiedener Bildung befasst nach den oben bemerkten Unterschieden (§. 18.) drei verschiedene Arten, die *Palmenform*, die

Büschel- oder Fächerform und die Krautform oder Arabeskenform.

a. Die Palmform ist die am meisten ausgebildete und die regelmässigste Figuration. In ihr zeigen sich lang gestreckte Blätter mit einfachen starken Mittelrippen, von denen meist an beiden Seiten unter einem Winkel von 60° aufwärts die parallelen Nebenstrahlungen ausgehen. Sie gruppirt sich in oft sehr ausgedehnten Stämmen, wie ein Palmbaum oder Pfauenschweif mit vielen Blättern. Doch nimmt sie sich auch wieder in Form einer sternförmigen Gestalt, mit wenigen Blättern, aber nach allen Seiten gleichförmiger Ausstrahlung, zusammen: so in den Anfängen Taf. III. Fig. 12. Die parabolischen oder elliptischen Schweifungen der einzelnen Blätter oder Federn eines Büschels stimmen genau zu einander und ihre Krümmung nimmt gegen das Ende des Büschels ab; während an jeder einzelnen vom Stamm sich abbiegenden Feder die Krümmung an deren Ende zunimmt. So findet man an ein und derselben Figur eine ganze Reihe verwandter Curven und es ist ein interessantes Problem, den physikalischen Grund dieser so regelmässigen und schönen Bildung zu ermitteln und ihr Gesetz bis in das Einzelste nachzuweisen. Alle palmenförmigen Figurationen bilden sich gradezu in dem Flüssigen; aber der Dunstniederschlag steht während der Bildung von jenen und später nicht stille, sondern geht vorwärts, und so bilden sich zuweilen an den Enden der Figur Ausläufe, Afterbildungen von höchst merkwürdiger Struc-

tur, Fig. 9. Es gehen von den Enden der Blätter einzelne Ranken aus, die sich in einem Gewebe von Ranken in äusserster Feinheit und Regelmässigkeit verschlingen, und gleichsam die Blüthenbüschel des Stammes bilden. Ich vermuthe, dass diese Bildungen innerhalb der Eisformation den sonst bei krystallisirenden Salzen (neben wirklichen Krystallen) oft vorkommenden Efflorescenzen und Vegetationen entsprechen. Wahrscheinlich sind sie einer eigenthümlichen Tendenz des nicht in sich geschlossenen Krystallgebildes zuzuschreiben, wonach es sich an seinen Enden auf das Aeusserste zu zertheilen strebt, aber doch immer noch in bestimmter Regelmässigkeit. Die Palmenform geht in das Arabeskenartige über, wenn die einzelnen Federn sich zertheilen und wieder andere Federn und Büsche abstrahlen: Taf. IV. Fig. 19. 20. 22. Eigenthümliche Zerlegungen und Combinationen dieser Form geben die Fig. 24. 25. 26. 27. 30. 31. 32.

§. 24.

b. *Die Fächerform.*

Sie kommt an Ausdehnung der eben beschriebenen Palmenform ziemlich nahe, ist aber seltener und unterscheidet sich von ihr dadurch, dass in ihr keine Mittelrippe vorkommt, Taf. III. Fig. 2. Sternförmig gehen von einer Stelle einzelne schlanke Strahlungen aus und mit geringer Ausbreitung vorwärts. Eine Biegung ist in den Theilen der Figur fast gar nicht bemerklich und einzelne Lagerungen dieser For-

mation haben oft das Ansehen paralleler Streifungen, Fig. 3b.

Die Ausbreitung geschieht hier dadurch, dass sich seitwärts Bündel ähnlicher fächerartiger Strahlungen anlegen und so einen Fächer von Fächern, mit mehreren Stufen oder Etagen darstellen. Auch hier kann die Abstrahlung sich dermaassen häufen, dass die Enden der Figur sich spiralförmig umbiegen. Diese Formation zeigt wie die Palmform Ausläufe, aber noch seltsamere. Aus den feinsten Fäden und Maschen, die von den einzelnen Stäben ansgehen, bildet sich ein Netz und Flechtwerk, welches die Figur umgiebt und lauter ebenmässige sechsstrahlige Gebilde darstellt, Taf. III. Fig. 2 c. Fig. 8.

Diese Formation schlägt also mehr in das Geradlinige. Sie neigt sehr zur Zerspaltung hin und ihre Bildungen sind oft mitten in ihrem Laufe geradezu abgeschnitten. Nie habe ich sie in geheizten Zimmern, sondern nur auf Vorplätzen und zwischen Doppelfenstern, auch in kalten Läden bemerkt, an Orten, wo ziemlich reichliche Ausdünstung, aber doch eine kältere Temperatur herrschend war. Wenn diese Formation sich nicht zu einer vollständigen Figur ausbildet, so zeigt sie bloss eine parallele Lagerung länglicher Schilder oder Streifen, die sich nach den Ecken der Scheibe oder bei sonstigen Hemmungen umlegen und wie ein Bündel Garben erscheinen, Fig. 8 b. Bei einer stärkeren Biegung der einzelnen Strahlen, deren Ursache ich nicht anzugeben vermag, giebt diese Formation die schönsten bogenförmigen

Schwingungen, Taf. IV. Fig. 24. Wenigstens bin ich geneigt, diese nur in kalten Räumen vorkommende Figur, der eine entschiedene Mittelrippe fehlt und an der jede einzelne Strahlung gleiche Stärke zeigt, unter diese Kategorie zu stellen; und Andere mögten ihnen wohl die Figuren 29—32. anschliessen.

§. 25.

c. *Die Krautform.*

Sie ist von allen die vielgestaltigste und die in ihrer Bewegung am wenigsten an ein nachweisbares Gesetz gebundene Formation. Keine einzelne Strahlung tritt in dieser als dominirend hervor, sondern sie zeigt überall nur ein gleichmässiges dichtes Gewebe, Bündel von in einander verlaufenen Strahlungen. Ihr Charakteristisches ist allseitige Verzweigung und Verästlung mit bestimmter Biegung. Trotz des Verschwindens einer regelmässigen Structur zeigt sich in den Umrissen der Ausgestaltung jeder Figur und im Totalhabitus jeder einzelnen Figuration eine solche charakteristische Gleichmässigkeit, dass man bei ihrem Anblicke nicht in Abrede stellen kann, dass jedesmal ein besonderer einfacher constanter Typus durchgreifend ist. Die Art der Krümmung einerseits und die Stärke der Tendenz zur Zertheilung andererseits geben hier die Momente der Unterscheidung ab. So gleichen die Bildungen denn bald zarten Schlinggewächsen und arabeskenförmigen Ranken, bald geflügelten Stengeln, bald Kohlstrünken, bald unge-

schlachteten knorrigen Aesten. Diesen Umrissen entspricht denn auch jedesmal die Art des Gewebes. Bei aller anscheinenden Zufälligkeit oder Verworrenheit gehen die einzelnen Zweige des Stammes nur unter bestimmten Winkeln in einander über; daher das Gefällige, das im höchsten Grade mit sich selbst Uebereinstimmende, der ganzen Erscheinung. Taf. III. Fig. 3. zeigt die am häufigsten vorkommende Form.

Bald gehen die Verschlingungen von einem Stamme, bald von mehreren aus. Die Taf. III. Fig. 14 bis 18 und 22 geben einige Schemata derselben. Die Stämme und Zweige dieser Formation haben ein trübes weissliches Ansehen, dagegen deren Enden und die von ihnen gelassenen Zwischenräume der Scheibe, die gleichfalls mit dünner glatter Eisfläche überwachsen sind, durchsichtig erscheinen und eine rundliche Gruppierung der Blätter zeigen. Dass diese Figuration meist aus halb zusammengeflossenen Tropfen entsteht, ist bereits früher erwähnt. Bei einer dünnen und gleichmässigen wässrigen Lage sah ich erst einzelne breite Blattlagen, jede mit einem anderen maschenartigen Gewebe, über das Ganze sich hinziehen, dann immer mehr und mehr über einander sich herlegen und so endlich ein krautartiges Gebilde zu Stande kommen. Bei stärkeren und geschiedeneren Tropfen bemerkte ich, dass in einander verschlungene Kreise, die in einzelnen Hauptstämmen zusammenliefen, Fig. 21, sich durch diese über die ganze Scheibe hinzogen und dass so das Gefrieren und die Bildung dieser Formation begann.

C. Ueberlegung der Figuren.

§. 26.

Es ist nun noch eine dritte Hauptgattung von Figuration zu beschreiben, welche als Ergänzung und Verbindung von primären und solideren Formen, als übersetzte Figuren bereits §. 15. aufgeführt wurde. Sie entsteht durch fortgesetzten Niederschlag auf fertige solide Figuren und daher meist in kalten Gemächern, wo viel Ausdünstungen sich sammeln und die entstandenen grösseren Eisgebilde den Tag über nicht aufthauen. Die gefrierenden Niederschläge setzen sich da bald als glatter Ueberzug, bald als Nadeln von bestimmter Form und in bestimmter Lage auf die fertigen Figuren und bilden deren Grundstructur auf eine ganz eigenthümliche Art nach oder um. Ich unterschied an diesen Figuren und zwar an einer arabeskenartigen krautförmigen (Taf. III. Fig. 4.) dreierlei charakteristische Formen und Lagerungen:

a. Der Gang der Hauptstämme der unterliegenden Figuren war durch plattaufliegende Nadeln bezeichnet, welche sämmtlich quer und rechtwinklig auf jenen Stämmen lagen und den Boden einer in Zweige sich verästelnden Vertiefung bildeten. b. An den Seiten dieser Gräben richteten sich alle Nadeln empor, so dass sie mit den Köpfen von der Scheibe frei abstanden und wie Palissaden dicht hervor starreten. Sie strebten, wo sie gleichmässig über ein ebenes Feld ausgestreut waren, durch ihre Stellung gegen einander mit den oft dreitheiligen Köpfen eine sechseitige Verbindung zu bilden, welche die

Anlage zu einer trichterförmigen treppenartigen Vertiefung war. c. Die Lagerung um die früher gebildeten soliden, meist krautartigen, Figuren her — auf dem Raume, der von diesen ursprünglich freigelassen war — bestand aus regelmässig gelagerten, gleichgrossen, sechseckigen Feldern, die wie Zellen neben einander lagen oder auch in einander verschränkt waren. Ueber diese lagerten sich immer mehrere ähnliche, dichter und unförmiger, bis sie endlich, bei bedeutender, wohl 2 bis 3 Linien betragender, Dicke der Ueberlegung, in eine formlose Efflorescenz ausarteten. An einzelnen Puncten waren diese sechseckigen Tafeln durch Aufwachsen kleinerer zu Häufchen und Kreisen verbunden; in der Regel traten bei weiterer Ausbildung über den Sechsecken sechseckige trichterförmige Vertiefungen (ähnlich wie bei den in der siedenden Soole entstehenden Salzkristallen) deutlich hervor.

Bald sind diese vollständig ausgebildet, bald zeigen sich nur einige Seiten derselben. Fig. 4 a. b.

Mitten zwischen diesen sechsseitigen Gebilden treten mitunter auch rechtwinklige, in einander verschränkte auf, Fig. 4 c., welche von einer entgegengesetzten Combination herrühren müsse.

Merkwürdig bleibt bei den überlegten Figuren die scharf gesonderte Entgegensetzung der Richtung in jenen aufgesetzten Gebilden, — schmalen Prismen, Nägeln oder Nadeln mit Köpfen und sechsseitige Platten und Trichtern — und die eigene Art, wie sie mit den früheren Gebilden correspondiren.

Ohne Zweifel erhalten unter ähnlichen Umständen auch andere Figurationen wie z. B. die Palmenform, ähnliche Ueberlegungen, nur hat man sie an diesen zu beobachten weniger Gelegenheit. Die ersten Ansätze dazu zeigten bei der Palmenform schon deutlich eine verschiedenartige Lagerung des Aufsatzes: an der Mittelrippe und an den Abstrahlungen.

Auf einer mehr gleichmässigen Unterlage gruppieren sich die aufstehenden Nadeln mit ihren Köpfen in Halbkreisen, die ineinander greifen Fig. 4 c. u. d.; auf einer Fensterscheibe mit herabgeflossener und erstarrter Flüssigkeit standen die Nadeln zerstreut wie Fig. 8 e.

Zu der Gattung der überlegten Figuren mögte ich noch diejenige Formation rechnen, wo sich auf der Krautformation eine wellenförmige schraffierte Ueberlage zeigt (Taf. III. Fig. 26.), oder wo auf einer gleichförmigen Hauchschicht eine dendritische oder schlangenförmige Zeichnung entsteht, die in ihrem Laufe wieder wellenförmig geschwungen oder gezackt ist. Sie verräth sich sogleich durch einen Schimmer, ähnlich dem von satinirtem Zeuge; und nimmt im Verhältniss zur unterliegenden Figur eine ganz ähnliche Richtung wie die oben beschriebene Ueberlegung Taf. III. Fig. 26. Taf. IV. Fig. 28. Bis in die feinsten Zweige der Stämme zieht sich die immer zarter und dichter werdende Schraffirung und steht gegen sie, eben so wie von den Nadeln oben bei a bemerkt wurde, quer, rechtwinklig sie schneidend.

§. 27.

Fassen wir noch einmal im Ueberblicke die an den beschriebenen Formationen des Fenstereises vorkommenden Erscheinungen vergleichend zusammen. Es finden sich Primairfiguren mit der soliden oder zusammenhängenden Figuration verbunden — Figuren, durch Bereifung entstanden und Figuren im nassen Medio erzeugt mehrfach mit einander verbunden und in einander übergreifend. Jene zeigen eine freiere Bewegung nach allen Seiten, eine im langsamen Werden entstandene mehr crystallinische Bildung. Diese sind an den Ausgangspunct gebunden, und stellen durch ein flüssiges Medium ursprünglich verbunden, ein Ganzes der Figuration dar. Hier wird also die Richtung der einzelne Gebilde anscheinend mehr durch die Umgebung bestimmt. Auch die Primairfigur ist zwar in ihrer Ausbildung an die erste Anheftung gebunden, aber diese normirt sich lediglich nach der atmosphärischen Bestimmtheit. Diese entscheidet, ob linear oder mehr blattförmig, oder ob körperhaft die Figur sich gestaltet, endlich ob sie stärkere oder schwächere Tendenz zur Zerstreuung und Biegung sich zeigt. Das gebildete Eis der Primairfiguren erkaltet die umgebenden Dünste mehr als die übrige Glasfläche dies thut, und so kommt es, dass vorwaltend auf jenes sich der weitere Niederschlag anlegt, während der übrige Raum der Scheibe frei bleibt. Durch dieses vorwaltende Erkälten und Anziehen des Niederschlags mögte sich die §. 15. erwähnte und Taf. IV. Fig. 7. u.

10. dargestellte Bildung des freien Hofes um neue Figuren und Hauchschichte erklären, denn mit dieser ist immer eine stärkere Ausbildung der Enden und Ränder der Eisgebilde oder auch ein neues Ausstrahlen derselben verbunden.

Durch alle einzelne Arten der Figuren und durch alle Erscheinungen daran bestätigt sich das Gesetz, dass das Spätere sich genau entsprechend dem Früheren formirt. Dabei sind spätere Modificationen nicht ausgeschlossen; sonst könnte bei weiterer Fortbildung weder ein Stamm oder Strahl nach verschiedenen Richtungen abgliedern, noch sich verzweigen und wenden. Aber das Abfiedern und Ausgliedern ist nur ein stärkeres Hervortreten einer der in jedem Punkte und Gliede der Figur wirklich vorhandenen doppelten und dreifachen Strebung, wie solches an den Primairfiguren Taf. II. Fig. 24. 30. 34. unzweideutig hervortritt. Das Hervortreten einer neuen Richtung kann plötzlich und kann allmählig geschehen, darnach giebt es stärkere oder schwächere Umbiegung und einen andern Character der Figur. In der Palmenform hält sich der tragende Grundstrahl der Feder nur auf eine kleine Strecke in grader Spannung und dann biegt er unfehlbar nach einer Seite ab. Die Seitenstrahlen der Fahne theilen diese Wendung; die der äussern Seite gewinnen freieren Spielraum, die der inneren hingegen, werden zusammengedrängt und schlagen oft in eine ganz andere Richtung plötzlich über. Daher das Zerrissene der Bildung Taf. III. Fig. 6. 7. 9. u. 10. Ja diese Störung wird An-

lass zu selbständigen Bildungen, zur Ablösung der Nebenstrahlungen und zur freien Zerstreuung in bogenförmige Wirbeln Taf. IV. Fig. 19. Eine ähnliche Ablösung und Verselbständigung der ursprünglich zusammenhängenden Strahlungen zeigte sich auch Fig. 27. 30—32., wo das abgelöste immer noch den früheren Typus und die frühere Richtung möglichst beibehält. Man kann daher oft die Mittelrippe lediglich für das Product der Seitenstrahlen ansehen —, wenn sie auch meist der Träger und Ausgangspunct der Figur ist.

In der Feder der Palmform sehe ich einen Strahl des sechsseitigen Sterns, der abnorm vergrößert ist und sich immer mehr in ähnlichen fortsetzt: woher aber das Gegeneinanderstreben oder Sichfliehen der Federn auf beiden Seiten? — Die Richtung jedes neuen Kiels jeder neuen Federstrahlung in dem Büschel geht grade aus. Sie wird aber mehr und mehr von dieser Richtung abgelenkt, sei es nun durch eine von dem Mittelgebilde, dem Stamme, ausgehende abstossende Kraft oder von einer Hinneigung der Federn in das Flüssige, wo bei weiterer Ausdehnung allmählig die Seitenstrahlungen mehr Stärke und Bedeutung gewinnen, je mehr die erste Hauptstrahlung des Stammes mit der Entfernung vom ersten Anheftungspunkte ihre Stärke verliert. Suchen die Zweige hier etwa den Stoff und freien Spielraum, der ihnen in der Nähe der älteren und stärkeren Stämme benommen ist? Jedenfalls ist die Krümmung dieser Federn das Resultat zweier Kräfte oder Krafrichtun-

gen, der mit bestimmter Stärke gradlinig vorwärtstrebenden und einer seitwärts ablenkenden, entweder ziehenden oder stossenden.

Das Verhältniss des Haupt- und Ausgangsstrahls zu dem davon auslaufenden bestimmt wohl durchgehends den Character der Figuren und jenes ist wieder dadurch bestimmt, wie die einzelnen Strebungen in einem Gesamtstrahle (vergl. §. 10.) neben einander sind, ob nämlich parallel oder mehr und minder divergirend und zur Zerstreuung und Zertheilung an einem Ende hinneigend.

In den Federn der Primairfiguren (Taf. II. Fig. 61. 62.), die rein aus Dunstniederschlag entstanden sind, richten die Seitenarme sich alle rückwärts aber ohne strenge gleichmässige Spannung, weil hier der Mittelstamm lediglich Anknüpfungspunct für den Niederschlag war. Bei den kleineren und grösseren im Flüssigen gebildeten Figuren dagegen richten die Seitenstrahlen sich regelmässig vorwärts (Fig. 93.) Hält sich Vorwärtstrebung und Rückwärtstrebung das Gleichgewicht, so wird die Abstrahlung rechtwinklig sein Fig. 59. 65. Unter den Primairfiguren zeigt sich vielfach eine Art von Fiederung Taf. II. Fig. 59. 67., deren Mittelstamm nach einer Seite, nach der innern nämlich, geschwungene Strahlungen rückwärts absendet, während die andere äussere Seite rechtwinklig die Fäden ausstreckt.

Der Tropfen und jede Wasserfläche erstarrt von aussen nach innen; darum auf deren Mitte zu alle Randgebilde gerichtet sind. Die krystallinische Be-

setzung durch Dunstniederschlag sucht dagegen nur Ausbreitung und gewinnt immer breiteren Umfang. Vom beginnenden Gefrieren der Ränder der einzelnen Tropfen ist das netzförmige, tüllähnliche, feine Gewebe abzuleiten, welches sich oft von einem wässrigen Ueberzuge her vorfindet Taf. IV. Fig. 8. 9. Die Tröpfchen sind bei langsamen Gefrieren inzwischen verdunstet und nur die Ränder geblieben.

Dritter Abschnitt.

Atmosphärische Eisgebilde.

§. 28.

Alle Producte atmosphärischer Niederschläge, wie Schnee und Hagel, Graupeln, Reif und Rauhfrost unterscheiden sich von den sonstigen Eisbildungen dadurch, dass sie bei ihrer ersten Bildung wenigstens, keinen festen Stoff zum Stützpunkt und kein zusammenhängendes Fludium zur Unterlage haben; daher ihre Feinheit und die lockere Structur; daher auch das Symmetrische ihrer Bildung. Es sind meist Gefrierungen der niedergeschlagenen wässrigen Dünste in den verschiedenartigsten Formen und Zuständen; mitunter sind es feste gefrorene, Tropfen und hiernach zeigen sie verschiedene Gestalt und verschiedene Festigkeit. Entweder verweilt der zu Bläschen oder zu Tropfen niedergeschlagene Wasserdunst in Form von Wolken oder Nebeln in verschiedener Höhe und Dichtigkeit schwebend in der Luft oder die schon zu grösseren Quantis angesammelten Tropfen durchschneiden fallend, die bald kälteren bald wär-

meren Luftschichten und erhalten so entsprechende Veränderungen, theils Vergrösserung durch weiter angelagerten Niederschlag, theils Verkleinerung durch Verdunsten.

Es handelt sich nun darum, wann das Gefrieren von diesen wässrigen Niederschlägen eintritt, und namentlich, ob in den höheren Wolken, die niedergeschlagenen Dünste schon gefroren stehen und schweben, oder ob jeder Schnee erst im Fallen gebildet wird und also das Gefrieren des Bläschens oder Tröpfchens dessen Herabfallen bedingt. Für jene Ansicht spricht ausser der Analogie von feuchten Nebeln, die bei sehr tiefer Temperatur beobachtet wurden §. 3., der zu allen Jahreszeiten gleiche Habitus der Wolkenlagerungen und die Erwägung, dass Eistheilchen nicht so schnell wie ungefrorene Dunstkügelchen verdunsten und überall nicht, wie diese mit Leichtigkeit, zu einem grössern Körper zusammenfliessen können. Beides aber wurde bisher als eine Grundbedingung für die in den Wolkenformen sich zeigenden Veränderungen angesehen. Anderer Meinung ist Baumgärtner, welcher (Naturlehre §. 571.) auch die gewöhnlichen Regenwolken, weil sie meistens in der Region des ewigen Schnees sich befinden, meist als aus gefrorenen Dünsten bestehend annimmt, die erst im Herabfallen zu Regen werden *).

*) Es mag hier ein auf dieses Problem bezügliches Experiment von Horner erwähnt werden (Phys. Abh. Giessen 1816. S. 15.). Er beobachtete, wie in einem luft-

Bei dem Reife trifft Niederschlag der Dünste aus der Luft an die tiefer erkälteten Gegenstände und Gefrieren derselben unmittelbar zusammen, er ähnelt daher vielfach in seinen Formen dem Schnee.

Der Hagel entsteht bei plötzlichen Erkältungen der gewaltsam durch einander getriebenen Luftschichten von verschiedener Temperatur und seine Structur verräth die Art seiner rapiden Bildung.

Der Schnee bildet sich in Wolkenschichten von verschiedener Höhe und unter gar verschiedenen Umständen, daher auch seine Formen so unendlich verschieden sind. Bald sind es äusserst feine krystallähnliche Gebilde, sehr regelmässige Tafeln und Sterne, bald mehr formlose Fäden, Nadeln und Körner, bald Combinationen von solchen. Hierbei fragt es sich nun, in wie weit aus den verschiedenartigen Ge-

leren Ballon von Glas, die an der einen Seite gebildeten Eisstücke an der wärmere Seite desselben in nicht sichtbaren Partikeln sich ablösten, und an der entgegengesetzten kälteren Seite in schönen regelmässig krystallisirten Schneeflocken sich ablagerten, die nur sehr lose von der Oberfläche festgingen. Horner folgerte hieraus, dass die feinen den Schnee bildenden Eisnadeln unmittelbar aus dem niedergeschlagenen Dampfe ohne einen merkbaren Uebergang zum Dunste entstehen können. — Jedoch ist auch hier wie gewöhnlich die Berührung eines festen Körpers das Vermittelnde für das Gefrieren des Niederschlags. Grade das durch die höhere Kälte übereilte Gefrieren scheint in den nördlicheren Gegenden den feinen trockenen Staubschnee zu erzeugen; es kann da nicht zur Bildung einer grösseren Schneefigur kommen.

stalten des Schnees die Bedingungen, unter denen sie entstanden sind, gefolgert werden können.

Dichte tief erkaltete Nebel scheinen die Bedingung zur Bildung des eigentlichen Raufrostes zu sein; wenn durch ihn der in höheren Regionen entstandene Schnee hindurchfällt, so erleidet dieser eine verschiedenartige Belegung eine vollständige oder partielle Bereifung.

Schneeartige Gebilde, wenn sie zusammenschmelzen und wiedergefrieren, können zu Hagel werden. Da der Schnee auf diese Art die verschiedenen Formen atmosphärischer Eisbildungen in sich vereinigt so richten wir auf ihn zuerst unsere Betrachtung.

A. Der Schnee.

§. 29.

Der Schnee ist offenbar dasjenige, was im Winter den Regen vertritt; es ist derselbe Act von Dunstniederschlag, nur durch Kälte vom Flüssigen zum Festen fortgeführt. Die Schwierigkeiten, welche sich bei der Erklärung des Regens zeigen, wiederholen sich hier im gedoppelten Maasse. Die Entstehung der Wolken, insbesondere der Regenwolken, scheint allerdings durch die Annahme einer Mischung verschiedenartiger Luftströme, nämlich eines kälteren schwereren und meist nördlichen, und eines leichteren und mit Wasserdampf gefüllten südlichen Luftstroms, hinlänglich erklärt zu werden, indem ein Niederschlag von Wasserdünsten hievon die Folge ist. Aber schwieriger sind die Fragen zu beantworten, wie sich

die kleinen Theile der tropfbaren Flüssigkeit schwebend in der Luft halten, und wodurch plötzlich ihr Fallen motivirt wird, worin ferner die verschiedenartigen Richtungen und Gruppierungen der Wolken ihren Grund haben. Kämtz und Kastner sind darin einverstanden, dass die Wolken nicht aus schwebenden Tröpfchen, sondern aus Nebelbläschen bestehen, deren Zerplatzen und Zusammenfliessen eben den Fall des Regens bewirkt. Diese Bläschen haben nach Kastner bei verschiedener Electricität der umgebenden Luft eine verschiedenartige Anziehung gegen einander und namentlich bei gleichnamiger Electrisirung eine verstärkte Repulsivkraft. Dass die Electricität bei der Bildung der Wolken eine bedeutende Rolle spielt, davon zeugen nicht bloss die electrischen Entladungen beim Gewitter und die bei jedem Regen bemerkten Veränderungen am Electrometer, sondern vorzüglich auch die höchst regelmässigen an krystalloïdische Vegetation erinnernden Formen und Stellungen der feinen Wolken in den höchsten Regionen der Federwolken oder Cirri.

Wie der Regen schon in gar verschiedener Grösse und Stärke zu uns hernieder kommt, ähnlich auch der Schnee; nur dass bei dem Schnee kein Zusammenfliessen einzelner Gestalten möglich ist, sondern nur Vergrösserung durch Anwachs und Zusammentreibung mehrer Schneefiguren zu einer grösseren Schneeflocke. Auch der Schnee durchläuft verschiedenartige Formen; drei bis vier Linien ist die grösste Ausdehnung einer Schneefigur, und auch in den grössten ist

nur ein sehr kleiner Tropfen Wasser enthalten; sie sinkt dagegen in das unbestimmt Kleine hinab. Manche Schneefälle geben, zumal im Beginn, so formlose Theilchen, Fäden oder Körner, dass man diese nicht zu den eigentlichen Schneefiguren rechnen wird. Nichts desto weniger bleiben auch diese Gestaltungen zu jeder Zeit mehr oder minder gleichartig und zeigen, eben so wie die regulären Figuren, die zu derselben Zeit herabfallen, einen gleichen Typus und eine beinahe gleiche Grösse: eine Folge der gleichartigen Bedingungen, unter denen sie erzeugt wurden. Die einzelnen Fäden oder Prismen gliedern sich dann zu zweien oder dreien mehr oder minder regelmässig zusammen und endlich erscheint der sechsstrahlige Stern, welcher die bei weitem am häufigsten vorkommende und derbste Form ist. Die Radian des Sterns bilden sich nun verschiedenartig aus und verzweigen sich in Abstrahlungen, dieses ist aber auch die einzige Variation, welche hier zu Lande gewöhnlich vorkommt. Weit seltener und von anderer Art ist der Schnee, welcher feine flimmernde Blättchen schön gefiederte Sterne und andere Formen bringt. Er fällt, so viel ich bemerkt habe, nur bei heiterem Himmel, wenn es nicht stürmt, und aus den höheren Regionen der Luft; dazu nur in geringer Quantität.

Schon die älteren Beobachter haben versucht, den Zusammenhang der Schneeformen mit der sie erzeugenden Witterung zu constatiren. So bemerkt F. Martens in seiner Reise nach Spitzbergen und Grönland, dass bei leidlicher Kälte, wenn es dabei reg-

nicht sei, der Schnee in Form von Rosen, Spiessen und kleinen Körnern falle; bei nachlassender Kälte zeige sich Schnee in Form von Sternen mit Zackenfäden, wie Farnkraut besetzt, bei strenger Kälte scharf ausgeprägte Sterne, bei Nebel Spiesse und grosse Schneeflocken, bei dickem Gewölk und Nordweststurm runder und länglicher Hagel rund mit Zacken besetzt. (Vergl. §. 31. Wilke.) Eigenthümlich ist den Polargegenden der von den Ausdunstungen des Meers entstehende dicke Nebel, der oft in Staubschnee oder Rauhrost sich auflöst.

Kämtz und Agassiz stimmen darin überein, dass in den höhern Regionen der Alpen, eben so wie in den Polargegenden der Schnee häufig in Gestalt kleiner Körner herabfalle. Regelmässige in einer Ebene krystallisirte Schneeflocken zeigen sich dort nur selten bei windstillem Wetter. So wie der Wind nur etwas lebhaft wird, findet man entweder Spiesse, welche in einer auf dem Scheibchen senkrecht stehenden Ebene liegen, zuweilen in solcher Anzahl, dass das Schneekorn einem Igel ähnlich wird, oder, und zwar häufiger sind es kleine graupelartige Körner (*grésil*). Sie sind es, welche durch Verdunsten und Zusammensickern den harten Firnschnee oberhalb der Linie des ewigen Schnees bilden.

Sehr häufig beobachtete Wilke beim Schneefall eine bestimmte Aufeinanderfolge der Figuren. Und zwar bemerkte er anfangs viel kleine körnige Kernstückchen mit kleinen körperlichen Sechsecken untermengt, dann mehr blättrige Figuren, die immer häu-

figer grösser und künstlicher wurden, nach ihnen gemeiniglich grössere mehr gleichstrahlige Sterne. Diese zeigten sich in Menge, fast von einer Gattung, und mit wenigen der ersten vermengt. Am Ende folgten wieder Sternstückchen oder auch bereifte Figuren, womit gewöhnlich der Schnee für das Mal aufhörte. Er erklärte diese Folge zum Theil daraus, dass die ersten Sterne mit gleichen Fäden (Taf. I. Fig. 44-) in eine noch wärmere Luft niederfallen, wo dann diese schmelzen und in Sternkörner mit Sechsecken verbunden sich umgestalten.

§. 50.

Ehe ich versuche, selbst Einiges zur Erklärung der hier in Frage stehenden Phänomene beizubringen ist es zweckmässig, die von den tüchtigsten und erfahrensten Beobachtern auf diesem Felde, namentlich von Wilke, Nettis und Scoresby constatirten That- sachen zusammenzustellen und ihre Uebersichten, Ein- theilungen und Erklärungen prüfend mit einander zu vergleichen.

Vor allem ist Wilke beachtenswerth, indem er durch eine bestimmte Zusammenstellung von Schnee- figuren mit verschiedenartiger Streifung einen Schlüs- sel zu ihrer Erklärung gegeben hat (Taf. I. Fig. 12—15. 22. 23.). Auch sind seine Gedanken über Entstehung und Veränderung dieser Formen tüchtig und aus einer langen Beschäftigung mit diesem Ge- genstande abstrahirt. Ihm kam bei der Erklärung der Schneefiguren ein Experiment zu Hülfe, welches

allerdings manches Analoge dafür darbietet; nämlich die Erzeugung ähnlicher Figuren an einer gefrierenden Seifenblase. Da das Experiment viel Vorsicht und günstige Verhältnisse voraussetzt, so ist es mir selbst nicht gelungen, dasselbe in seiner Reinheit darzustellen. Ich halte mich daher an Wilkes eigenen Bericht und theile aus ihm die Hauptpuncte mit.

» » Das Gefrieren der dünnen Wandung der Seifenblase, deren innere und äussere Seite sich selbständig bewegt, beginnt mit weniger geordneten Eisstrahlungen, und schreitet durch vierstrahlige Figuren (Taf. I. Fig. 1 *b. d. e.*) zu eigentlichen Sternen fort, deren Radian im Winkel von 60° gegen einander stehen. Darauf zeigen sich Abstrahlungen von diesen Radian und zwar in wesentlich verschiedenen Richtungen (Taf. I. Fig. 14, 15, 17, 20.); auch erfolgen wohl noch Abstrahlungen in abweichender Richtung, und so completirt sich die Figur von einem linienartigen Gebilde, zu einer meist sechsseitigen Platte. Dann legt sich gewöhnlich um die so vollendete Figur ein breiterer oder schmalerer Rand; dasselbe geschieht beim, nach theilweisen Aufthauen der Figuren durch Anhauchen, erfolgenden Wiedergefrieren. Von da wachsen die Hauptstrahlen weiter und erfährt die Figur ringsumher allerlei Veränderungen und Vermehrungen. « «

Offenbar zeigt dieser Vorgang in seinem Verlaufe und in seinen Producten eine entschiedene Analogie mit der Bildung der Schneefiguren, bei denen gleichfalls Strahlungen in mehrfachen Richtungen deutlich hervortreten. Ausserdem bemerkt Wilke, dass am

mittleren Theile der Blase vorzugsweise die Figuren mit kleineren Strahlen erscheinen, welche frei schwebend auf der Flüssigkeit die erwähnten Umgestaltungen erleiden, während die am oberen Theile der Blase erscheinenden feinen Sechsecke und die unten und innerhalb über dem Wassertropfen gebildeten Sterne mehr unverändert bleiben. Die Blase platzt, sobald die Figuren sich so weit ausgedehnt haben, dass sie einander berühren, — vermuthlich weil damit die zum Zusammenhange von jener nothwendige Ausgleichung des Flüssigen unterbrochen ist. Die Figuren sind auf der äussern Seite matt, hingegen auf der inneren glänzend.

§. 31.

Vollkommne und unvollkommne Formen des Schnees.

Zuerst von Allen hat Wilke die Schneefiguren nach den verschiednen Arten zu ordnen und ihre Entstehung zu erklären versucht. Er allein auch characterisirte den formlosen Schnee nach seinen verschiedenen Arten und suchte solche durch Zeichnungen zu veranschaulichen. Es hat dieses immer wegen des Mangels fester Formen einige Schwierigkeit; doch wird man das mehr Körnige oder Fadenartige, so wie den Fortschritt in der Structur und Zusammensetzung auch in den unvollkommenen Zeichnungen angedeutet finden.

Fig. 5 a. u. b. zeigt den körnigen Schnee, in

mehr rundlicher und in mehr eckiger Gestalt. Entweder sind diese Formen unmittelbar in den niedern Regionen fallend erstarrte Tropfen oder sie sind eine Wiedererhärtung von zusammengesickertem Schnee.

Fig. 6. zeigen die unvollkommenste Anfänge des Schnees, F. 6*b* einzelne lockere Fäden, F. 6*a* giebt eine ähnliche Form, nur schon ausgebildeter.

Fig. 7. zeigt den durch Schmelzen halb zertrümmerten, den s. g. Grusel-Schnee.

Fig. 8. stellt körnigen Schnee dar, welcher durch Bewachsung mit den feinsten Haaren ein ganz verändertes Ansehen bekommen hat. Auf ähnliche Weise werden häufig andere Formen durch dicke Ueberlegung mit lockerem blättrigen Reif unkenntlich. Auch Fig. 10. u. 11. zeigen eine durch reifartige Bewachsung fortgesetzte Form.

Fig. 1*a*. giebt eine gewöhnliche Form des Schnees ohne Abzweigung. Aus einer bedeutend vergrößerten Darstellung dieser Form bei Hook ergibt sich, dass es ein einfaches homogenes Gebilde ist, ähnlich einen Eisblocke mit nach den drei Hauptrichtungen verschieden absplitternden Strahlungen; keineswegs aber ein aus wahrnehmbaren Stücken Zusammengesetztes, Fig. 2. giebt einige gewöhnliche blattartige Figuren. Theile derselben mit Verästelungen. Beide Formen, fadenartige und blättrige, bilden durch dichtes Zusammenwirren und Zertrümmerung die dicken Flocken, in denen oft keine Gestalt mehr zu erkennen ist. Fig. 4. giebt verschiedene tafelförmige Figuren, Sterne und Tafeln. Fig. 5. zeigt eine zwar lockere und

nicht immer ganz gleichmässige Art von Schnee, aber eine Bildung von ziemlich krystallinischem Ansehen. Es sind Prismen, anscheinend der Länge nach von Röhren durchzogen, und an den Enden mit einer kleinen Platte belegt. Wilke nennt diese Art »cylindrischen Schnee;« er fällt nicht in Flocken, sondern nur in einzelnen Figuren, zerstreut. Auf diesen Prismen setzen sich nun in der Mitte ähnliche Theile an, so dass sie häufig ein Kreuz bilden, an dem alle vier Enden gleich stark sind; indessen stellen sich diese Ansätze auch unter anderem Winkel.

Mit dieser Art sind nicht selten die durch einen Cylinder oder durch ein Prisma verbundenen Platten und Sterne zusammen. Einen feinen Schneefall bemerkte ich bei kalter scharfer Luft, der ganz aus solchen einem niedrigen Holzbock gleichenden Figuren bestand. Auch Scoresby hat mehrere durch Prismen verbundene Platten Fig. 24. Derselbe beobachtete einen einzigen Schneefall, der lediglich aus Pyramiden bestand.

Es bestätigt diese Erscheinung den Satz, dass immer ein bestimmter Typus der Bildung bei jedem Schneefall herrschend ist, wenn dieser sich auch nur selten so entschieden und unvermischt wie in diesen Fällen herausstellt. Eben so ergiebt eine Vergleichung der Schneefiguren bei Engelmann, dass die seltsamsten Variationen der Schneefiguren nie allein vorkommen, sondern immer mit ähnlichen, die sich in demselben Schneefalle fanden, zusammen.

§. 32.

Wenn man überhaupt reguläre Schneefiguren im Gegensatz gegen die unvollkommneren atmosphärischen Gebilde unterscheiden will, so wird man zu jenen alle diejenigen Gebilde rechnen, in denen sich eine ganz bestimmte Beziehung zur krystallinischen Gestaltung durch äusseren Umriss, durch Lage der Axen und Radien, durch Abzweigung oder durch Streifung kund giebt.

Es gehören dahin also nicht minder die körperhaften Gebilde, Pyramiden, Prismen, Prismen mit Tafeln verbunden, Tafeln, ganze und zertheilte, wie die linearen Gebilde, in einer Ebene ausgeführt, welche nur den Grundriss von jenen darstellen. Lineare und tafelartige Figurationen sind bei weiten die häufigsten; aber innerhalb dieser beiden Classen zeigt sich eine erstaunliche Mannigfaltigkeit und Feinheit regelmässiger Combinationen, wodurch sie unserer Beachtung besonders würdig erscheinen. Alle Arten und Stufen von Ausgliederung, Umwandlung, Zertheilung und Verdopplung werden durchlaufen und mit einander combinirt und daher diese vielartigen Sterne, Kränze, Auszackungen, Ausstrahlungen, Ueberlegungen und Ineinanderschiebungen. Dazu kommt dann noch die durchgreifende Modification, welche die Gestalten durch verschiedenartige Krümmung im Ganzen oder in einzelnen Theilen erleiden. Grade in den Schneefiguren zeigt sich deutlich, dass diese Modification der Eisbildung nicht eine zufällige Abnormität der Bildung, sondern vielmehr eine eigene Art der-

selben ist, die in sich vollständig das Gesetz der gradlinigen Figuren nachbildet und auch mit diesen durchaus regelmässig combinirt auftritt.

Dass die stufenweise Zerlegung der Grundform in ihre Bestandtheile, eben so wie die Combinirung der Formen und Formentheile auf allen Stufen, das Hauptmoment für die Bildung der Schneefiguren sei, erhellt schon aus dem Gesagten, und aus dem Ueberblick der Zusammenstellung auf den Tafeln; aber es lohnt sich der Mühe, im Einzelnen die Resultate dieser krystallographischen Processe zu verfolgen und die eigenthümliche Regelmässigkeit und Vollständigkeit in diesen Combinationen zu beachten, und da treten uns als besonders beachtenswerth entgegen: die verschiedenartige Vieltheiligkeit der Axen, die besondere Art der Abzweigung der einzelnen Radian, die Berandung, die Besetzung oder Ueberwachsung und Durchbrechung der Figuren.

§. 33.

Wilke's Eintheilung der Schneefiguren.

Es mögen jetzt erst die Bemerkungen Wilkes in Betreff der verschiedenen Arten des Schnees folgen, um damit die Beobachtungen und Eintheilungen anderer Beobachter z. B. Scoresbys und Nettis zu vergleichen.

Wilke bezeichnet diejenigen Gestalten als eine eigene Gattung, die sich zuweilen allein und in einiger Menge zeigen; deren führt er sechs auf, die vier ersten bezeichnet er als einfachen Schnee, die zwei letzten als zusammengesetzten.

1. Spitzen und Nadeln, die aus harter Eiskrinde bestehen — kommen durchsichtig und weisslich vor — meist im Herbst und Frühjahr.

2. Körnigter Schnee, bestehend aus zarten weisslichten Hagelkörnern.

3. Cylindrischer Schnee, gewöhnlich etwas spitzig (scharfkantig?), an beiden Enden platt abgeschnitten oder mit einer kleinen Grundfläche versehen; die ein Sechseck ausmacht. Sie sind durchsichtig und haben meistens nach der Länge hinunterlaufende Adern oder Luftblasen.

4. Strahliger Schnee; meist sechsstrahlige Figuren und meist nur in einer Ebene gebildet mit einer grossen Manigfaltigkeit der Gestalten.

- a. gleiche Fäden mit grösseren und kleineren Aesten,
- b. blattartige Figuren,
- c. Sechsecke mit und ohne Ränder und
- d. aus diesen Formen zusammengesetzte Figuren.

An diese Gattungen reiht Wilke weiter an:

5. Zusammengesetzte Schneeformen.

- a. Eisknadeln, mit ihrem dünnen Ende zu zwei und mehreren zusammentretend.
- b. Cylinder, mit ihren Grundflächen sich aneinander setzend. Taf. I. Fig. 21.
- c. Cylinder und Sechsecke. Statt letzterer kommen auch blättrige Figuren und sechs Radian vor. Die cylindrischen Zwischenglieder sind oft sehr kurz, oft länger, immer aber sind die Endformen von gleicher Art und Stellung.

d. Hagelkörner mit dünnen Strahlen oder einer feinen Wolle umgeben. Beide von verschiedenartiger Grösse vorkommen.

6. Reifschnee. Er entsteht aus den vorerwähnten Schneearten, wenn solche mit wässrigen Dünsten, wie mit Reif überzogen und dadurch dick und undeutlich werden. Oft überzieht der Reif die ganze Figur, meist nur an einer Seite mit röhrenförmigen Structur, so dass die Figuren dadurch das Ansehen eines Kegels oder Cylinders erhalten. Diese Art von Figuren soll gegen das Ende des Schneefalls und nicht in grosser Menge erscheinen. Oft sind nur die äussersten Spitzen der Figur, oder einzelne Theile derselben z. B. die Radien mit Reif übersetzt. Taf. I. Fig. 4b. 10.

Von der unter Nr. 4. aufgeführten Gattung sind die meisten der uns durch Zeichnungen überlieferten seltsamen und schönen Schneefiguren und sie scheint einer fast unendlichen Variation zu unterliegen. Wilke hebt unter ihnen noch diejenigen Figuren hervor, welche ausser den 6 Strahlen in einer Fläche noch mehrere nach oben und unten gerichtete haben, unter einem Winkel von 60° aufsteigend; eine derselbe zählte 3 gleichmässig oben und unten abstrahlende. Auch ich habe solche Figuren mit regulären Strahlungen in mehreren Dimensionen mehrfach gefunden, aber selten die auf der Hauptfläche sitzenden Strahlen vollzählig. Ich beobachtete dabei, dass diese von ungemeiner Sprödigkeit waren, so dass sie bei der leisesten Berührung weit absprangen; daher ich auf ei-

nen von der Grundfläche ganz verschiedenartige Construction derselben schliesse.

Als Momente, welche diese Verschiedenheit der Schneegestalten begründen, führt Wilke ausser den constanten Formen des Eises selbst noch folgende an: die grössere oder geringere Menge der Dünste, welche in der Luft sich befinden, das Schmelzen und Wiedergefrieren der Schneefiguren während ihres Falls; Anfrieren neuer Wasserdünste und selbst das Zusammenfrieren der mit Feuchtigkeit benetzten Figuren, endlich partielles Verschwinden durch Verdunstung. Irrig erklärt Wilke die Erscheinung der zwölf- und achtzehnstrahligen Sterne aus dem zufälligen Zusammenstossen und Zusammengefrieren mehrerer Figuren; denn wenn auch zwei Figuren sich häufig begegnen, so ist es doch nicht denkbar, dass ohne besondere Prädisposition und Anziehung der Theile ein solches reguläres Gebilde zufällig zustande komme. Ich kann mich daher nur für eine Entstehung der Figuren durch ein seitliches und endliches Auswachsen des Prisma erklären. Die verschiedenartigen Anfänge dazu bei Scoresby verweisen zu deutlich darauf hin.

§. 34.

Schneefiguren nach Scoresby's Eintheilung geordnet.

Scoresby hat bei seinen Beobachtungen und sehr bestimmten Zeichnungen mehr das krystallographische Interesse vor Augen gehabt. Er scheint von den unvollkommenen Formen abstrahirt zu haben.

Seine Eintheilung der Schneefiguren ist folgende: 1. dünne Blättchen, 2. ein flacher oder kugelartiger Kern, mit ästigen Zacken in verschiedenen Ebenen, 3. feine Spiesse oder sechsseitige Prismen, 4. sechsseitige Pyramiden, 5. Spiesse, von denen das eine oder beide Enden in dem Mittelpunkte eines dünnen Blättchen stecken.

Die Gattung Nr. 4., sechsseitige Pyramiden, hat Scoresby nur ein einziges Mal beobachtet; Nr. 5. auch nur zwei Mal, aber das eine Mal fielen diese Gestalten in solcher Menge, dass binnen einigen Stunden das Schiff mehrere Zoll hoch davon bedeckt war.

Die Gattung Nr. 5., feine Spitzen oder sechsseitige Prismen, zeigen sich zuweilen sehr zart und krystallartig, in andern Fällen weiss und rauh. Die feinsten Arten gleichen einem weissen Haare, das in Stücke von $\frac{1}{4}$ Zoll Länge zerschnitten worden; sie sind so fein, dass man ihre Gestalt nicht genau bestimmen kann. Die grösseren sind prismatisch gestaltet, doch nach Kämtz Beobachtungen sind sie öfterer dreiseitige als sechsseitige Prismen. (Vorl. über Meteorologie S. 163.)

Die unter Nr. 1. aufgeführten Krystalle in Form dünner Blättchen zeichnen sich am meisten durch Mannigfaltigkeit der Gestalten aus; gewöhnlich sind die Blättchen sehr dünn, durchsichtig und von einem ausnehmend zarten Bau.

Scoresby führt als Unterabtheilungen von dieser Gattung an:

a. Sternförmige Figuren, sechs Strahlen in einer

Ebene mit parallelen Abstrahlungen oder Spitzen; sehr häufig, wenn die Temperatur sich dem Gefrierpuncte nähert. Ihre Grösse steigt vom kleinsten Durchmesser bis zu $\frac{1}{3}$ Zoll.

b. Regelmässige Sechsecke, bei mässiger Temperatur und bei grosser Kälte vorkommend; doch werden sie mit zunehmender Kälte zarter, dünner und kleiner. Manche bestehen aus einfachen durchsichtigen Blättchen, andere sind innerhalb ihres Umfangs durch weisse Linien bezeichnet, die wiederum kleinere Sechsecke oder verwandte Figuren in unendlicher Mannigfaltigkeit darstellen; vorherrschend sind darunter das Doppeldreieck oder der reguläre sechszackige Stern. Die Grösse dieser Art steigt von dem kleinsten sichtbaren Scheibchen bis auf ungefähr $\frac{1}{10}$ Zoll Durchmesser — bleibt also bedeutend unter der Grösse der vorigen Art und zeigt einen mehr concentrirten Zustand der Krystallisation an. Kämtz beobachtete, dass die parallelen Flächen der Figur an der Seite durch kleine Facetten mit einander verbunden sein, und bezeichnete ihren Durchschnitt wie in Taf. IV. Fig. 36.

c. Zusammensetzungen von sechseitigen Figuren in grosser Mannigfaltigkeit. Diese Form kommt vorzüglich bei niedriger Temperatur und in sehr verschiedener Grösse vor. Taf. I. Fig. 26—28. 37.

d. Verbindungen von sechsseitigen Figuren mit Strahlen oder Zacken und hervorstehenden Winkeln. Diese Gattung giebt die grösste Menge von Arten und enthält die schönsten Formen. Taf. V. Fig. 43—47.

Nr. 2. Die Gattung der flachen oder kugligen Kerne, mit ästigen Zacken in verschiedenen Ebenen.

Hievon führt Scoresby zwei Arten an:

a. solche, wo der Kern durch einen dünnen Krystall gebildet wird, und die Spitzen sich von dessen Grundflächen oder Seitenflächen unter einem Winkel von 60° erheben. Ihr Durchmesser beträgt oft mehr als $\frac{1}{4}$ Zoll; am häufigsten zeigen sie sich bei wenigen Graden Kälte.

b. Figuren rauh und weiss, mit einem kugligen Kern, von dem Strahlen nach allen Richtungen ausgehen.

§. 55.

Die Bestimmung der Form des Kerns der Figuren ist jedenfalls für die weitere Erklärung derselben erheblich. Kämtz bezweifelt, dass bei der zuletzt aufgeführten Gattung Nr. 2. der Mittelkörper eine Kugelform bilde, und glaubt, dass er immer krystallinisch sei; wenigstens hat er einen dickeren Körper, um welchen die gewöhnlichen sechs Strahlen in einer Ebene lagen als einen Krystall erkannt, und zwar nach dem Glanz der Facetten zu urtheilen, wie Taf. V. Fig. 36. zeigt, bestimmt und abgebildet. Dies würde die an beiden Seiten abgestumpfte sechsseitige Pyramide sein.

Ich muss nach Vergleichung der vorkommenden Figuren annehmen, dass beide Formen, sowohl krystallinische wie krystalloïdische kugelförmige Kerne, vorkommen, und dass bei beiden eine reguläre Vertheilung

der Strahlen sich findet. Der kugelförmige Kern behält noch die Tendenz zu regelmässiger sechsstrahliger Ausgliederung bei, und an diese schliessen sich dann die weiteren regulären Bildungen. Hier, wie bei den Eisfigurationen am Fenster, ist das Krummlinige aus Geflossenem und Tropfbaren, also wahrscheinlich nach einer Schmelzung anderer Eisgebilde entstanden. Dagegen die ursprüngliche langsame Bildung immer gradlinig sich zeigt, und unmittelbar aus Dunstniederschlag gefroren ist. Nach der Ansicht vieler gradliniger und krummliniger Figuren bei Engelmann und Scheuchzer zu schliessen, geht die Figur sowohl aus krystallinischer in krystalloïdische runde Form über, wie umgekehrt aus dieser in jene.

Auch Scoresby zeigt an mehreren Flächenfiguren einen Kreis als Mittelpunkt: eben so kommen bei ihm runde Formen, Kügelchen, vor als Besetzung oder Auswuchs der Figuren, an bestimmten Theilen derselben. Fig. 43, 47.

Dagegen fehlen ihm die gekrümmten Fäden und die mit Curven begränzten Flächen, welche fast alle diejenigen Beobachter verzeichnet haben, die in milderen und feuchteren Gegenden ihre Beobachtungen anstellten. Bei Scheuchzer, Nettis und Engelmann treten sie gleichmässig auf, nur anders variiert bei dem einem und anderem. Engelmann hat die reichste Combination der Grundformen, vollzählige und hemiedrische Tafeln und zackige Sterne; er hat mehrartige Theilungen, Verschmelzungen und Besetzungen von Figuren, und einen ungemein verschie-

denartige Ausgliederung der einzelnen Radian des Sterns, wovon freilich auch Scoresby mehrere Proben giebt. Bei Engelmann kommt eine Figur vor, welche, wenn sie recht verstanden ist, ein ausgehöhltes sechsseitiges Prisma darstellt, an den Ecken mit Knöpfchen versehen (Taf. I. Fig. 20. 91.), eine Andere in der drei Hauptcentra mit sechs untergeordneten zu einer geschweiften Figur seltsam vereinigt sind.

Höchst paradox ist die von Bartholinus mitgetheilte Figur, bei der auf jeder der um die Radian vertheilten oblongen Scheiben drei Kügelchen mit Spitzen sitzen. Taf. V. Fig. 56 l. Desgleichen eine Figur bei Muschenbroek (Nr. 53.), wo aus der mittleren Kugel ein Stiel mit Buschwerk hervorge wachsen, endlich auch eine Zeichnung bei Kundmann, welche einen einzelnen selbständig ausgeführten Zweig von Laubwerk darstellt. Einzelne Theile grösserer Figuren, abgestossen und für sich weiter ausgeführt, kommen mehr vor, so Fig. 57. 58. Zwei Sterne mit einem oder zwei Radian an einander gewachsen zeigen sich häufiger. Bartholinus verzeichnete auch zwei Kugeln oder Scheiben durch einen Stab verbunden.

§. 56.

Liegt hiermit die ganze Mannigfaltigkeit der Schneeformen übersichtlich uns vor, so ist jetzt die Aufgabe, grade diejenige Classe von Schneefiguren, welche den grössten Reichthum von präciser Gestaltung

zeigt, nämlich die Figurationen in einer Ebene noch näher zu betrachten und die daran sich ergebenden Erscheinungen unter einige allgemeinere Gesichtspunkte zusammen zu fassen.

Das wichtigste und nächste Moment für die Bestimmung der Schneefiguren ist die Vieltheiligkeit derselben — oder die Zahl der Axen und Radian. Offenbar ist die sechszahlige Theilung die Regel. Sie zeigt sich bei allen einfachen regulären Figuren; bei sehr vielen erscheinen aber sofort Ansätze in der Mitte zwischen den sechs Strahlen. Die Zwischenachsen treten hervor und gewinnen nicht selten eine gleiche Ausdehnung, wie die Hauptaxe, da denn der Doppelstern erscheint, mit zwölf Radian oder sechs Axen. Taf. I. Fig. 39.

Nicht ganz so häufig ist die Zerlegung des sechsstrahligen Sterns, in seine Hälfte, in das dreistrahliges oder dreieckige Gebilde mit gleichen Seiten, dem sich die sechsseitige Tafel mit drei kürzeren Seiten anschliesst; aber auch diese dreiseitige Form macht selbständig alle die Variationen durch, welche die vollkommenen Figuren erleiden, auch combiniren sie sich vielfach mit letzteren. Taf. I. Fig. 49—55. 56—58. Es ist dieses offenbar eine hemiedrische Form, durch das gleichmässige Ausfallen entsprechender Flächen und Axen entstanden, ähnlich wie aus der sechsseitigen Pyramide die dreiseitige entsteht.

Neben der Dreizahl kommt auch eine Vierzahl der Strahlung vor und zwar: eine reguläre, durch vier rechte Winkel bestimmt, Taf. I. Fig. 54, 55.,

und eine häufigere, und mehr zufällige, wo zwei einander gegenüber liegende Strahlen ausfallen. Fig. 1 c. d. e. 51.

Zwar kommen auch von letzterer Form einige vollständige Ausführungen und Varietäten vor, in der Regel zeigt sie sich nur als ein Zurückgebliebenes, und bestätigen dieses die ungleich ausgeführten Figuren sehr deutlich. Taf. V. Fig. 74—76. Oft sind auch die zurückgebliebenen Theile ganz anders ausgeführt, als die anderen. Es ist hier ein Gebilde übersprungen oder auch ein Anderes für das fehlende eingetreten.

Selbständiger und constanter ist die rechtwinklig viertheilige Figur. Sie macht alle Variationen der vollen Figur selbständig durch, wie die dreitheiligen Figuren, Taf. I. Fig. 54. 55. Taf. V. 52. 77. 78. Sie bildet in dem hexagonalen Systeme eine nicht leicht zu erklärende Anomalie. Auch Figur 78. mit ihren vielen inneren Linien und 12 rundlichen Vorsprüngen scheint der Grundriss einer viertheiligen Figur zu sein, bleibt mir jedoch trotz aller sich vorfindenden Analogien unerklärbar.

Ein einzig Mal nur findet sich bei Engelmann eine fünftheilige Figur. Sonderbar, auch bei ihr sind die 5 gefiederten Strahlen gleichmässig um einen Kern vertheilt, und durch ein fassriges Zwischengebilde verbunden; woraus eine gegenseitige Accommodation der einzelnen Theile der Figur zu folgen scheint.

Ausser der Sechs-, Zwölf-, Drei- und Viertheilung kommen nun noch mehrzahlige vor, indem jedes der Felder zwischen den sechs Hauptaxen sich zwei-

fach, dreifach oder vierfach theilt und diese untergeordnete Theilung gleichmässig oder ungleichmässig hervortritt. Taf. V. Fig. 5—7. Daher die ungleichmässig zwölfstrahligen, die achtzehntheiligen wenigstens durch Einschnitte markirten und die vierundzwanzigtheiligen.

Eine eigenthümliche Zwölftheiligkeit entspringt daraus, dass sich jeder der sechs Strahlen am Ende in zwei zerlegt, die bald in spitzerem, bald in stumpferem Winkel auseinander treten. Wenn diese Ausgliederungen sich wiederum einfach zu theilen streben, so zeigt die endliche Begrenzung sich vierundzwanzigtheilig. Taf. V. Fig. 14n.

So stellt die erste Figurenreihe der fünften Tafel die Grundtheilungen zusammen, die zweite hingegen die Grundabstrahlungen.

§. 37.

Nächst der Vieltheiligkeit der Axen kommt sodann die Art der Lagerung und Streifung der Figuren und die Abstrahlung von den sechs Hauptradien in Betracht. Die einfache Abstrahlung eines neuen Zweiges von einem bereits gebildeten Radius geschieht bei den Schneefiguren regelmässig unter einem Winkel von 60° und von dem Centrum des Sterns abgewandt. Taf. I. Fig. 43—48. 83—85. Auch diese einfachste und gewöhnlichste Abstrahlung kann schon sehr verschiedene Formen hervorbringen, je nachdem die abstrahlenden Fäden länger oder breiter sind nach dem Centrum oder nach der Peripherie hin zunehmend,

mit Zwischenräumen, gruppiert oder nicht. Dann kommen aber auch Abstrahlungen nach rückwärts vor, Abstrahlungen unter einem Winkel von 30° , 75° und 90° .

An den Abstrahlungen zeigt sich nicht selten noch einmal eine Abstrahlung, so in Fig. 45. — Hiermit ist dann die Abstrahlung geschlossen, indem nun alle Richtungen durchmessen sind und diese letzte Abstrahlung schon ganz mit der ersten Richtung wieder zusammentrifft.

Die möglichen Abstrahlungen und die ursprünglichen Strahlungen sind der Richtung nach identisch und nur relativ zu bestimmen. Die Abstrahlungen bilden näher zusammengedrückt die Streifungen; aber nur, sofern sie sich auf einen Radius der Grundfigur stützen und von ihm selbstständig abzweigen, sind die Streifungen Abstrahlungen. Die gerade zwischen zwei Hauptradien liegenden Axen und Streifen, sofern sie als auf jenen stehend angesehen worden, sind Abstrahlungen von ihnen unter einem Winkel von 30° (Taf. I. Fig. 22.). So entsprechen einander auch die Strahlungen und Abstrahlungen in Fig. 14 u. 15., indem bei ersterer die Hauptradien, bei letzterer die Zwischenaxen vorherrschen. Die peripherisch gestreifte hexagonale Tafel Fig. 13. zeigt, wenn ihre Seiten eingeschnitten erscheinen, eine Rückstrahlung von 60° , liegen hingegen die Seitenbalken hier auf den Zwischenaxen, so giebt dieses die rechtwinklige Abstrahlung Fig. 24. Die Fig. 16 ist offenbar unter einem abwechselnden Vorherrschen der Vorwärts- und

Rückwärtsstrahlungen gebildet. In Fig. 22 liegt eine zugleich statthabende dreifache Strahlung vor, und nach Wilke's Ansicht geschieht durch solche überall der Uebergang von der blossen Streifung oder Besetzung zur wirklichen Tafelbildung, in welcher alle drei Richtungen zusammentreten — meist freilich unter vollständigem Abschluss durch eine peripherische Lagerung, gerade dann erst bildet sich die Tafel, wenn die drei Richtungen in einer Ebene zusammentreffen.

Vergleicht man die Beobachtungen Wilke's mit den vorliegenden Zeichnungen, so scheint der Eiskrystall im Schnee, wie ein Gewebe stufenweise fortzuschreiten. Wo durch irgend einen Umstand veranlasst, an den entsprechenden Stellen Fäden ausgeblieben sind, geben diese Lücken in der weiteren Fortbildung die mannigfaltigen regelmässigen Zeichnungen, einer durchbrochenen Arbeit nicht unähnlich.

Auch einseitige Abstrahlung kommt vor und zwar solche, die bloss nach der Peripherie zu gerichtet ist, oder die sich nur an der linken Seite des Radius zeigt. Das Merkwürdigste bleibt in dieser Beziehung die unvollkommene oder gestörte Figur V, 76. Hier glieden die Fäden an den entgegengesetzten Enden nach verschiedenen Seiten hin ab und bewahren noch in dieser anscheinend zufälligen Ungleichheit die Regelmässigkeit, die krystallographische Symmetrie der Bildung.

§. 38.

Man darf voraussetzen, dass alle Tafeln Stern-

figuren u. dgl. m. auf ähnliche Weise wie die Krystalle, jedoch durch sehr schmale Flächen und Fäden gebildet werden und es schliesst sich an die Darstellung der Abstrahlungen die Aufgabe die verschiedenartige Structur der Tafeln zusammenzustellen und deren Einfluss auf die Gestalt nachzuweisen. Dabei kommt es vor, dass Tafeln von ganz gleichen Umrissen auf die verschiedenste Art construiert und dass umgekehrt Figuren von ganz verschiedenem Ansehen dieselbe Structur haben.

Die sechsseitige Tafel wird gebildet durch eine Streifung, welche die Hauptradien unter einem Winkel von 60° berührt Taf. I. Fig. 13. und dies ist der gewöhnlichste Fall; sie kann aber auch durch Abstrahlung von den Radien unter 30° entstehen, wobei gewöhnlich rundliche Einbiegung Fig. 23. oder Ausbiegung Fig. 64. eintritt. Ferner bildet sich die sechsseitige Tafel durch einseitige oder zweiseitige Streifung den Radien parallel, Fig. 12. 17., endlich auch durch weitere Ausfüllung der Figur 14., dann macht sich in der Mitte der Seite häufig ein Einschnitt bemerklich, Fig. 27.

Die Sternfigur wird regelmässig durch eine Abstrahlung, wie in Fig. 14., gebildet (Vergl. Taf. V. Fig. 14 a—h.); doch kommen auch solche mit einer Querstreifung vor, wie solche in den sechsseitigen Tafeln das Regelmässige ist. Taf. V. 8. 12.

An den Sternen sind die Zacken oder Strahlen bei einigen Figuren sehr spitz und schmal, bei andern sehr stumpf; jene nähern sich den Figuren mit

einfachen Radian, diese der sechsseitigen Tafel. Meist werden die Zacken durch Abstrahlung von 60° oder mitunter auch von 30° gebildet. Das verschiedenartige Abnehmen und Zunehmen der Seitenstrahlen nach oben und nach der Seite bestimmt, ob die Figur und deren Theile mehr den Charakter von Keilen I. Fig. 31. oder von Sternen an sich trägt. Wenn indessen mit diesen ab- und zunehmenden Seitenstrahlungen nicht auch eine begrenzende Streifung von dem Mittelpunkt nach dem Umkreise sich verbände, dann möchte schwerlich die scharfe geradlinige Begrenzung der Flächen entstehen können. Ebenso sehen wir bei der getheilten Fläche in der Fächerfigur I. Fig. 24. V. Fig. 26. eine vom Mittelpunkte ausgehende und sich ausbreitende Streifung hinzutreten und sich seitwärts anlagern.

Der Art der Bildung der Mittelfigur ist dann auch die etwaige Ausgestaltung derselben an den äusseren Enden, die Auslagerung der Mittelfigur entsprechend. Es verlängern sich nämlich entweder einfach die Hauptradian oder zugleich mit diesen die Zwischenaxen; ebenso verlängern sich auch wohl die äusseren Balken der sechsseitigen Tafel, wie in I. Fig. 41. eine Spur davon ist. Oft setzen sich ganz neue vollständige Gebilde mit der Spitze an die Spitzen und Ecken, oder mit Flächen an Flächen, oder mit den Flächen an Spitzen und danach wird die weitere Bildung der früheren mehr oder minder homogen. Wie aber auch die weitere Fortführung von dem ursprünglichen Gebilde abweichen mag, sie behält im-

mer eine bestimmte Beziehung zu dieser und schreitet immer in entsprechender Gestaltung von Kernpunkt zu Kernpunkt fort. I. Fig. 16. 41. 42. 45—48. Letztere sind die Wendepunkte der Bildung und von da beginnt die neue Ausgliederung, aber die Mittelgestalt giebt das Grundmass der ganzen Figur.

§. 39.

Eine nähere Betrachtung fordert noch die grosse Mannigfalt, welche in der Ausbildung der einzelnen Radian an den Schneefiguren sich zeigt. Es sind freilich nur verschiedenartige Abstrahlungen, die sich an den Seiten oder an den Enden der Radian auf bestimmte Art geltend machen; aber ihre eigenthümliche Richtung, Folge und Combination giebt diesen Gebilden den ganz besonderen und ungemein verschiedenen Charakter.

Zum Theil sind sie nur eine Auseinanderlegung und Fortführung der zum Grunde liegenden Mittelfigur, zum Theil erscheinen ganz neue Bildungen; jedoch immer noch in einer ganz bestimmten Abhängigkeit von der einmal feststehenden Axenstellung. Bald sondern sich die einzelnen Haupttheile, aus denen eine sechsseitige Tafel oder eine zackige Sternfigur besteht, und treten allein für sich auf, bald erscheinen sie sogar erst am Ende der Radian auf feinen Stielen sitzend. So setzen sich Hauptaxen und Zwischenaxen fort. V, 29a — l. 65—71.

Die mehrgliedrige einfache Abzweigung giebt die dendritischen Gebilde, laubförmige oder mehr lineare,

geradlinige und krummlinige, verschmolzene und mehr getrennte. Nur eine bildliche Zusammenstellung solcher verschiedenartiger Ausgliederungen vermag von der Sache eine klare Anschauung zu geben und sie zeigt, wie von dem Vorherrschen einer bestimmten Richtung bis zu dem der entgegengesetzten Richtung alle dazwischenliegenden Uebergänge dargestellt sind und wie durch solche Combination die paradoxesten Formen sich sehr natürlich ergeben, z. B. die Scepterform. V, 57. So geht aus der Form des Pfeils V, 54. allmählich die entgegengesetzte des Keils V, 55. hervor, aus der vorn zugespitzten die entgegengesetzte runde kolbenförmige, die Biegung steigt von einer kaum merklichen Krümmung bis zu dem Ansatz einer Spirale. V, 21.

Schon die einfache fadenförmige Ausgliederung giebt einen unerschöpflichen Reichthum von Formen je nach dem Verhältniss der Länge und der Dicke der Abstrahlungen zu dem tragenden Radius, je nachdem die Fäden in der Länge am Ende des Radius abnehmen oder zunehmen, oder in der Mitte ihre grösste Länge haben; mitunter sind die Abstrahlungen gruppenweise getrennt und vertheilt.

Eine bei weitem grössere Mannigfalt geht freilich aus der Besetzung mit Prismen, mit zugespitzten oder gleichbreiten Blättchen hervor; denn hier ist oft der regelmässige Winkel der Abstrahlung verändert und oft sind diese Formen an einem und demselben Radius so gemischt, dass abwechselnd eine krummlinige und geradlinige Auslagerung folgt. V, 56.

Die tafelartigen Ablagerungen, Anlagerungen und Ausgliederungen an den Seiten und Enden der Radian sind von allerlei Gestalten; sechsseitige, dreiseitige, vierseitige und selbst achtseitige V. 59—74; bald sind sie einfach, bald mit einem Rande umgeben. Immer harmoniren dieselben in allen Theilen der Figur mit einander. Die Seitengebilde nehmen an Grösse regelmässig nach der Peripherie zu, indem für sie der Raum sich erweitert, nur die Längenabstände bleiben in den Produkten desselben Bildungsprocesses einander durchaus gleich und constant.

Alle Endgebilde haben in einem bestimmten Strahlpunkte des Radius ihren Ausgang, wo eine neue der bereits vorhandenen mittleren ähnliche Figur sich zu bilden strebt. Man kann diesen Gebilden wohl neue Centra oder Kernpunkte zuschreiben; sie haben alle die Tendenz sich in der einfachen Grundform ebenmässig abzuschliessen, werden jedoch in der Regel durch die stärkere Tendenz nach aussen ungleichmässig und durch allerlei neue Auswüchse seltsam verziert oder entstellt. Es zeigen sich an ihnen alle die Erscheinungen wieder, welche an der Mittelfigur beobachtet wurden; z. B. Berandung, Zerlegung, Besetzung, Auswuchs. In I, 60. bestehen die Nebencentra je aus einer Combination von drei sechsseitigen Tafeln.

Sind die seitlichen Abgliederungen vollständig ausgeführt, dann umschliessen sie endlich rings die mittlere Figur mit oder ohne Unterbrechung — bald als Stern die sechsseitige Tafel, bald als Tafel den Stern,

bald eine Form die gleiche in gleicher oder in verkehrter Lage. Gewöhnlich besteht zwischen der Mittelfigur und der umgebenden grösseren ein Richtungsgegensatz der Art, dass die Hauptaxen von jener auf die Nebenaxen von dieser treffen.

Hiermit hängt der vollständige Gegensatz zusammen, welcher zwischen zwei Reihen von Schneefiguren in der Weise sich darstellt, dass gerade diejenigen Theile und Stellen der einfachen Normalfigur bei der einen fehlen und zurücktreten, welche in der andern besonders ausgeführt sind. So hat fast jede Figur ihre Gegenfigur, den convex ausgebogenen entsprechen die bauchig concaven; die ausgelagerten und die mit einem Einschnitte bezeichneten den ovalen Scheibenfiguren, an denen diese unausgefüllt geblieben und nur die Zwischentheile dargestellt sind; so entsprechen sich weiter I, 29 u. 32., I, 13 u. 28., I, 41 u. 42., I, 69 u. V, 48., V, 60. 61 u. 62., u. dgl. m.

Diese durchgehende Entgegensetzung ist interessant genug um sie weiter zu verfolgen, denn sie findet sich noch in den äussersten und geringfügigsten Theilen der Figur ausgesprochen, doch glaube ich nicht, dass alle Verbindungen verschiedenartiger Formen, die an einer und derselben Figur mitunter sich finden, durch Entgegensetzung der Axen und durch blosse Umherlagerung zu erklären sind.

Es liegen hier offenbar nicht selten mehrere Formen über einander, ähnlich wie in dem Falle, da sich zwei gleiche Figuren in ihren Mittelpunkten durch

ein längeres oder kürzeres Prisma verbinden. Hier ist nun das verbindende Prisma geschwunden und die gegenseitige Deckung der Figuren geblieben. Dass wirklich eine Ueberlagerung und nicht bloss eine Umherlagerung hier stattfindet, dafür zeugt der Umstand, dass bei einzelnen mehrformigen Figuren nur einzelne kleine Theile einer unterliegenden Figur unter der deckenden hervorsehen. Diese Uebereinanderlagerung und regelmässige Verwachsung mehrerer Figuren ist bald eine gleichartige aus ähnlichen Figuren bestehend, die in derselben Richtung liegen, bald eine ungleichartige mit entgegengesetzter Richtung, z. B. V, 8. 23. 25. 27. 34. 49. 52.

Die einzelnen Formen, Sterne oder Tafeln, decken sich einander bald mehr, bald minder, je nachdem ihre Lage und Ausdehnung ist, oft sind von der einen nur die äussersten hervorragenden Zacken sichtbar. V, 43. 45. 46 zeigt eine zweifache, V, 32. 34. 52 eine dreifache Combination.

Eine Analogie zu diesen Ueberlagerungen bieten die theilweisen Besetzungen und Bewachsungen der Schneefiguren an bestimmten Stellen. Es sind dünne Tafeln oder auch Scheibchen, die sich an untergeordneten Centraltheilen der Figur auflagern. Die Combinationen durch Ueberlagerung gehen immer vom Mittelpunkte der ganzen Figur aus.

Es möchte der Gedanke nicht so fern liegen, dass, wenn überhaupt die krystallinische und krystalloïdische Bildung des Eises in allen Theilen vollständig, wenn auch in besonderer Weise, dem in sich geschlossenen

Krystalle entspricht, indem die Tafel namentlich den Grundriss des Krystalls darstellt; — dass man auch die Erscheinung der Umlagerung und Ueberlagerung den bei den Krystallen so oft vorkommenden reichen und seltsamen Combinationen entspreche.

Zu dieser Ansicht giebt eine weitere Bestätigung die sprechende Uebereinstimmung mehrerer tafelförmigen Schneefiguren mit wohlgezeichneten Grundrissen bestimmter Krystallcombinationen aus dem hexagonalen System; ferner die eigenthümliche Verbindung hemiedrischer Formen und das symmetrische abwechselnde Hervor- und Zurücktreten der Theile.

§. 40.

Nebst den bisher geschilderten zum Nachdenken auffordernden Erscheinungen, wie die verschiedenartige Theilung, Ausgliederung, Construction und Combination der verschiedenartigsten und gleichartiger Figuren über und um einander sind zum Schlusse hier noch aufzuführen: die Umrandung und Besetzung. Beide kommen häufig und in mehrfacher Gestalt vor und bilden meist auch den Abschluss einer bestimmten Formation, von welchem aus eine neue beginnt. Aber die Berandung kommt auch an den Seitentheilen vor. So wie man den Rand als durch Schmelzung entstanden nehmen muss wegen des Wechsels der Formation, so muss man auch die feinen Kügelchen ansehen, welche an bestimmten hervortretenden Stellen der Figur und an feinen Fäden sich häufig finden. I, 42. 60. 72. 79—84., V, 21. 40.

56. 59. 63. 71. An denselben Stellen kommen häufig äusserst feine Federn vor, diese könnten zusammenrinnend das Tröpfchen bilden.

Räthselhafter als diese Kügelchen sind die Bildungen, welche freistehend kreisförmig die Figur umgeben und die 6 Radien mit einander verbinden V, 15. 16. 18. 60. 61. oder zu verbinden streben I, 66. 85., V, 17. 51. In Folge dieser Tendenz sind z. B. die sonst nur unter einem Winkel von 60° abgliedenden Prismen an I, 42., V, 15. rückwärts verlängert und streben sich so zu vereinigen. Auch dieses deutet, wie mir scheint, auf das allgemeine Streben der Figuren hin in sich abzuschliessen und ein möglichst in allen Theilen zusammenhängendes Ganze zu bilden.

Aber der Erscheinungen sind noch mehrere, welche auf besondere anziehende und abstossende Tendenzen hinweisen. Besonders deutlich zeigt dieses I, 86., die Bläschen scheinen sich an den Radien abgeplattet und nach der Richtung der Peripherie verlängert zu haben und es fehlte nur der Stoff, sonst würde auch hier ein solcher Kranz, wie kurz vorher dergleichen erwähnt wurden, sich gebildet haben.

Am meisten losgerissen und unabhängig von den crystallinischen Gesetzen erscheint die Besetzung, d. h. alle diejenigen Gebilde, welche durch verhältnissmässige Kleinheit, durch ihre Stellung als bloss untergeordnete Schlusstheile und Ausfüllungen der grösseren Schneefigur sich verrathen und solche mannigfaltig verzieren. Beispiele hiervon geben I, 67. 77. 78. 89.,

V, 13. 13—17. 35. 41. 44. 70—72.; diese Zierathen bestehen bald aus Fädchen, bald aus Zacken, bald aus Kügelchen; sie besetzen meistens den Umriss der Figur an den durch die Structur der sechseitigen Tafel ausgezeichneten Stellen, bisweilen auch ihre Zwischentheile.

Ferner beachtenswerth durch die Abweichung von den gewöhnlichen Krystallformen ist die Ausgestaltung verschiedener eirunder und länglicher Nebenformen, deren Beziehungen zu den geradlinigen Axen oft noch in der Rundung klar angegeben ist, oft nicht. I, 47. 48. 66. 67. 69—77. 87. 88., V, 16—20. 48. 51—53. Die umgebenden Strahlungen richten sich bald nach der Nebenform, bald neigen sie sich zum Mittelpunkt der Figur und hieraus ist die abwechselnde Richtung der Krümmung V, 14—22. bald nach innen, bald nach aussen an den Ansätzen der Nebenform abzuleiten.

Das Krummlinige bildet in einer schönen Mannigfalt alle die Zerlegungen und Combinationen der geradlinigen Formen nach. Da sind feine Perlschnüre zu allerlei Figuren an einander gereiht; in andern Bildungen spriesst ein Kolben aus dem andern, ein Zacken aus dem anderen, eine Spitze aus der andern hervor, gerade wie in den zusammengesetzten Figuren an den Fensterscheiben. Dass aber die Grundlage der krummlinigen Figuren schon eine gebogene, mithin nicht zufällig zusammengeflossen und wieder gefroren ist, das wird wohl schon dadurch hinlänglich bestätigt, dass die krummlinige Fläche

oder Scheibe von den Radien auf alle Weise zerlegt wird und alle Hauptrichtungen selbständig darstellt.

Zum Schluss drängt sich die Frage nach der Entstehung der Formen auf; bei manchen Figuren nämlich fällt es besonders schwer die regelmässige natürliche Bildung nach allen Seiten in einem Akte sich vorzustellen, da der Kernpunkt nur ideell ist, z. B. I, 29. 41. 49. 56. 69. 79. An welchem Theile hat hier die Bildung begonnen? nicht denkbar ist es doch, dass abgesonderte selbständige Theile so genau zu einander passten und so regelmässig sich zusammenfügen konnten. Oder war der mittlere leere Raum ursprünglich von einem feinen Blättchen ausgefüllt, welches im Fallen verdunstet ist? Nimmt man dieses an, so wird man auf dieselbe Art die Entstehung der anscheinend in der Mitte hohlen Ringfigur V, 18. 19. 60. erklären.

Wie kommen die einzelnen gleichgrossen Täfelchen und in gleichen Abständen um eine Schneefigur auf feinen Stielen zu Stande? — Es scheint sich ein in der Luft gleichförmig vertheilter Anflug nach jenen untergeordneten Mittelpunkten und in Beziehung auf den Hauptmittelpunkt zu verdichten und zu vereinigen. Für diese Annahme spricht die Aehnlichkeit der Bildungen an den Fensterscheiben; es kann dieses durch keine mechanische Kräfte entstehen, es müssen dieselben Anziehungen und Abstossungen dabei wirken, welche bei der Krystallbildung vorausgesetzt werden müssen.

Es würde sich nur bei der ruhigsten Luft in

einer Wolkenschicht die Entstehung solcher regelmässigen Krystallkerne und krystallinischen Zusammenfügungen denken lassen. Die ganze Luftschicht muss von ähnlichen und regelmässig sich kreuzenden Bildungsrichtungen durchzogen sein, wie die Fensterscheibe. Eine Störung dieses in den schwebenden Bläschen oder Blättchen herrschenden Gleichgewichts würde dann die vorkommenden Störungen der Form zur Folge haben, sowohl die hemiedrischen oder die sonst vollständigen, in denen beim Ausfall eines oder mehrerer Halbmesser immer noch das Bestreben, die Regelmässigkeit in der Raumvertheilung aufrecht zu halten, sich geltend macht. I, 49—51. 54—58., V, 36—41. 72—78.

Wollte man nun zur Uebersicht des Ganzen nach den hier erörterten Eigenschaften der regelmässigen Schneefiguren dieselben ordnen, so würde man in der Eintheilung von der unserer bisherigen Beobachter etwas abweichen und folgende Anordnung besonders für die Erleichterung der Uebersicht in dem Chaos der Formen bequem finden.

A. Einfache Formen.

- 1) Tafeln I, 13. 52—55. 62—65. 74. V, 49. 50.
- 2) Sterne I, 15. 52—57. 68—70. V, 19. 20. 29.
- 3) Mittelformen I, 26—31. 66. 67. 73—77. 80.

B. Zusammengesetzte.

- 1) Aus gleichartigen Formen V, 8—11. 30—35. 52.
- 2) Aus verschiedenartigen Formen 42—48. 53.
- 3) Kreisgestalten V, 15—20. 51. 59—64.

B. Vom Reif.

§. 41.

Unter der Benennung Reif versteht man im weitesten Sinne alle schneeartigen Gebilde die an festen Körpern hängen und durch atmosphärische Feuchtigkeit erzeugt worden.

Der Reif im engern Sinne entsteht auf ähnliche Weise wie der Thau, nämlich dadurch, dass bei gelinder Kälte im Bereich der niedern Luftschicht der Boden durch die Wärme-Ausstrahlung am Tage dermassen erkaltet ist, dass die Wasserdünste der Luft sich daran niederschlagen und mehr oder weniger krystallinische Gestalt durch das Gefrieren annehmen. Ob das Gefrieren der Wasserdünste erst bei der unmittelbaren Berührung der festen Gegenstände oder schon in einiger Entfernung von denselben geschieht, muss sich aus den verschiedenartigen Reifgebilden ergeben.

Neben dieser Art von Reif entsteht eine andere dadurch, dass auf länger dauernde Kälte Südwinde folgen, welche die Temperatur bis in die Nähe des Gefrierpunkts erheben. Dann schlagen sich die Wasserdünste an den noch tiefer erkälteten Gegenständen, an steinernen Gebäuden und Bäumen in grosser Menge in Form von Fäden nieder und die Gegenstände sind ganz damit überzogen. Dies giebt den sogenannten Raufrost, der mit dem Glatteise nahe verwandt ist. In den Polargegenden ist er besonders häufig und

überzieht die Taue dick mit Franzen von blendend weisser Farbe und regelmässiger Krystallisation.

Mit dem Reife verbindet sich nicht selten ein Gebilde von sehr feinen Fäden, welches auch an den Schneefiguren vorkommt, und als eine Bereifung durch Nebel entstanden anzusehen ist.

Darum theilt Bjerkander, welcher in den Abhandl. der Schwed. Akademie v. J. 1775. (XXXVII Band) seine Beobachtungen über Reiffiguren mittheilte, diese 1) in solche, die durch Dünste, 2) in solche, die durch an der Erde stehende Nebel verursacht werden, denen er dann noch eine dritte Classe beifügt, von der er angiebt, dass sie durch Ausdünstung der Gewächse entstanden sei, und welche er mit dem Thau für gleichbedeutend zu nehmen scheint.

Bjerkander ist der einzige, welcher über den Reif genauere Beobachtungen und Zeichnungen bekannt gemacht hat. Mit ihnen kann ich nur die wenigen Beobachtungen vergleichen, die mir selbst gelegentlich anzustellen möglich geworden sind.

Im Ganzen sind die Reifgestalten denen des Schnees sehr ähnlich. Nur wenige Schneefiguren und zwar die complicirteren finden sich nicht unter den erwähnten Reifgebilden verzeichnet, dagegen einige analoge Gestalten, welche augenscheinlich in einer eigenthümlichen Modification der Eisformation begründet sind, die durch die Anheftung an einen festen Gegenstand zu erklären ist.

Unter den 78 von Bjerkander gelieferten Zeichnungen von Reifgebilden finden sich eine Menge,

welche mit den Schneefiguren durchaus gleichartig sind. Nach Bjerkander sind es neben Nadeln und Fäden hauptsächlich die rechtwinkligen und sechsseitigen Blättchen, welche die Figuren des Reifs constituiren.

Das fast quadratische Blättchen finde sich an Bäumen, Wänden, Zäunen, an kalten Häusern innen und aussen. Die sechsseitige Platte sei die gemeinste Form und wachse an den Ecken in andere kleine Platten, Büsche, Spitzen, Kugeln aus, oder berande sich ähnlich wie in den Schneefiguren.

Eigenthümlich dagegen ist dem Reife, dass die auf eine Kante gerichtete Tafel einseitig und mehrseitig ähnliche Tafeln ansetzt. Fig. 26. 27. So mögen die Reihen und Felder von Tafeln entstehen, die mit den Spitzen oder mit den Seiten an einander gelagert sind. Bei eintretenden Nebeln wachsen die angehefteten sechsseitigen Tafeln an der der Anheftungsseite entgegengesetzten Seite in Federbüschen und breiten Zacken aus. Sehr häufig kommen die sechsseitigen Tafeln an Fäden geheftet vor, auch blosse fadenartige Entwürfe von Figuren, durch Prismen verbundene Tafeln Fig. 28, und Pyramiden. Nach Bjerkanders Aeusserung sassen die Pyramiden mit der Spitze oder Polecke auf.

Auch sternförmige Bildungen und kreisförmige Zertheilungen der Platte kamen vor, ähnlich wie die Schneefiguren. 29. 30. Dagegen bleiben die seltsamen Reiffiguren 32—35 ein Räthsel, für welches sich höchstens analoge Figuren im Fenstereis ausführen lassen.

Die an dünnen Fäden mit schöner Symmetrie angehefteten Bläschen in den Figg. 22—25. sind in einer Nacht bei sehr strenger Kälte gebildet. Auch sind sie desgleichen Fig. 29. 30. in kalten Zimmern beobachtet worden, wo ein gelinder Luftzug war. Als Seltsamkeit führt Bjerkander auf, dass sich in Kirchen die goldenen Buchstaben häufig mit solchen Figuren bereift fänden, während der schwarze Anstrich frei blieb.

Die bis jetzt genannten Figuren bilden sich nach Bjerkander bei strenger Kälte ohne Nebel und langsam wachsend. Hingegen von nahe an der Erde stehenden Nebeln, wenn plötzliche Kälte dazu kam, sollen die Figuren 12—21 u. 34. kommen.

Sie überzogen die Bäume wie ein dünner und feiner Schnee meist nur an deren Windseite. Doch wachsen sie auch dicht und dick bis zur Länge eines Zolls und fallen dann bei Wind und Thauwetter nieder, auch wachsen sie oft sehr schnell. Es scheint dies die ganze Bildung zu sein, die wir Raufrost nennen.

Nebel auf Schnee sich niederlassend soll die Form Fig. 34. geben.

An nicht gefrierenden, Dunst erzeugenden Quellen fand sich das Gras, wie Fig. 17. zeigt, mit Büschen besetzt. Aehnliche Gestalten oder hängende Büsche von Eiskrystallen wurden über Thüren oder an Stellen, wo gelinder Luftzug war, bedeckt. Fig. 18 u. 33. zeigte sich bei Nebel als Bereifung an der Aussenseite eines Fensters.

Als eine besondere Classe führt Bjerkander noch die angeblich von Ausdünstungen der Pflanzen entstandenen reifartigen Besetzungen der letzteren an. Sie bestehen bald bloss aus Nadeln und bald bloss aus sechsseitigen Täfelchen, haften vorzüglich am Rande der Blätter und folgen meist den Adern des Blattes. Gewiss ist diese Erscheinung, die sich an den verschiedenen Pflanzen charakteristisch verschieden zeigen soll, nicht den Ausdünstungen der Pflanzen sondern ihrer verschiedenen Besetzung mit Härchen zuzuschreiben. Hiernach erscheinen einige Pflanzen wie bepudert, andere mit Galonen, Kügelchen, Nadeln, Fäden auf mannichfaltige Art besetzt.

Im Allgemeinen ist über den Reif zu bemerken, dass die bei den Schneefiguren gewöhnliche vollständige Symmetrie nach allen Richtungen der Fläche hier häufig gestört und auf eine einseitige reducirt ist, wie dieses sich besonders an der Zusammenstellung der Zusammenlagerung der Grundgestalten der hexagonalen Platten zeigt. 22 — 27.

Der Reif, welcher durch Nebel entsteht, ergeht sich, wie die Bjerkander'schen Figuren zeigen, ausschliesslich in feinstrahligen Fadenbildungen, die zuweilen an den Enden mit sehr feinen Knöpfen versehen sind, der Reif aus durchsichtigen Dünsten hingegen in Bildung von vierseitigen und sechsseitigen Platten. Jene werden bei gelinder Kälte und sehr schnell gebildet, setzen sich vorzugsweise an die Seiten, woher der Wind kommt; diese bilden sich langsamer und die sechseckigen Figuren meist nur

bei strenger Kälte. Auch scheint nur den Nebelgebilden eine Krümmung der Fäden eigen zu sein, am stärksten war diese in Fig. 53. die sich beim Nebel aussen an ein Fenster anlegte. Die Fäden der Figur erscheinen durch ein Mikroskop gesehen rauh und wie aus einzelnen Gliedern zusammengesetzt. (Schwed. Abh. p. 239.).

In meinen wenigen Beobachtungen habe ich nur gefunden: Nadeln, Fächer, Blätter, treppenförmige Fortsätze, spitze pyramidenförmige weisse Auflagerungen, Galonen, röhrenförmige und blättrige Zusammensetzungen, rechtwinklige Kreuzungen und Sechsecke.

Bei diesen Arten von Bereifung in mässiger Kälte fand ich entschieden die feinsten Spitzen der Gegenstände am stärksten besetzt — so dass sich die ziemlich dichten und in eckige Haufen gruppirten Bildungen noch weit vor die Spitze des Dorns oder Grashalms fortsetzten, Figg. 4. 5. Um einen Spinnengewebfaden waren diese Lagerungen wie ziemlich breite eingezackte Perlen gelagert. Fig. 6. Während auf den ebenen Flächen von Gegenständen, z. B. mit Oelfarbe überzogener etwas abgestumpfter Balken, gleichmässig locker mit abstehenden Pyramiden besetzt waren, erschienen die Ränder, an denen diese Flächen zusammenstiessen mit doppelten oder dreifachen Besatz beladen und zwar fand dies gleichmässig nach allen Seiten hin statt.

Auf Glasplatten hingegen erhob sich die Bildung nicht abstrebend von der Fläche, sondern kroch wie von ihr angezogen in krummlinigen Gestalten auf ihr hin.

Auf zerstreut liegenden Eisscheiben setzten sich die Wasserdünste als sehr compacte treppenförmig geöffnete Pyramiden und gekreuzte Cylinder und nur in diesen beiden Formen an, immer genau entsprechend der Structur des Eises. Auf dem hochgelagerten Schnee hingegen erschienen nur zerstreute, zertheilte und verschobene treppenartige Fortsätze.

Offenbar sind die beiden Formationen der gewöhnliche nächtliche Reif und der s. g. Raufrost sich in einer Beziehung grade entgegengesetzt. Jener wird durch die tägliche und nächtliche Wärme-Ausstrahlung gegen den wolkenfreien Himmel, wie der Thau erzeugt — bei dieser dringt bei plötzlich wärmer gewordener Luft die Wärme nur allmählig bis in die verschiedenen tieferen Theile der ganz durchkälteten Gegenstände. Daher dann beim Raufrost die Kanten der dicken Quadersteine bei einiger Ausgleichung der Wärme an den Kanten keine Dünste mehr niederschlagen (keinen Raufrost mehr ausschwitzen), während die der Mitte näheren Flächen noch stark davon besetzt sind; dagegen bei dem eigentlichen Reife die Kanten und Spitzen es eben sind, die am dichtesten von Reifgebilden besetzt sind.

Ich bin daher geneigt den Reif weit weniger auf Erkältung durch die Gegenstände zu stützen, an die er sich heftet, indem schwerlich die feinste Faser so viel Kälte in sich haben kann, um den daran hängenden Ball oder Klumpen von Eis erstarren zu machen, als vielmehr auf die daher als von etwas Festem ausgehende Anregung zum Gefrieren. Wir dürfen nicht

vergessen, dass Erkaltung nach mehreren Erscheinungen zu urtheilen nur ein Moment des Gefrierens und insbesondere krystallinischer Bildungen ist.

Die vorzugsweise Bekleidung der hervortretenden Spitzen deutet auf eine Ausströmung, wie von Electricität, und allerdings liesse diese sich wohl auf der Differenz der Luft und der Oberfläche der Körper mit deren wärmeren Mitte erklären und voraussetzen. Die Form des Reifgebildes, welches sich von dem Gegenstande gewaltsam abzuneigen scheint, deutet ebenfalls darauf hin. Auch trifft mit dem Gesagten ein anderes Phänomen zusammen, dass nämlich bei fallendem Thau und Reif in einer nur mässig kalten heitern Winternacht, ein ganz ebener Spiegel, welcher zum Auffangen der atmosphärischen Niederschläge draussen hingelegt war, mit dem Thau und dann auch mit Eis in schräg aber regulär sich kreuzenden Streifungen sich überlegte; mit Streifungen, ganz ähnlich wie sie an dem gefrierenden Beschlag der Fensterscheiben bei einer gewissen Dicke sich zeigen und welche ein feines Geflecht darstellen. Bei stärkerem Beschlagen werden diese Streifungen mehr und mehr unkenntlich. Ich bin geneigt diese schwach gekrümmten Curven für electricische Wirkungen zu halten.

Die Beobachtung des Rauhfrostes ist bei uns nicht oft möglich, aber sehr häufig nimmt man ihn in den nördlichsten Gegenden, Abends nach einem sonnenhellen Tage wahr. Der bei der Mittagshitze übermässig entwickelte Wasserdunst schlägt sich nieder und hängt sich an der Windseite dünner Körper

wie eine dicke Franze an. Bei gewissem Verhalten der Atmosphäre gab es nur eine irreguläre Besetzung, bei andern heftete sich jedes Theilchen in fester Ordnung an, so dass die zartesten und einige Mal die schönsten Krystallgebilde erschienen. Scoresby hat bei diesen nie mehr als zwei verschiedene Formen beobachtet: eine bestehend aus einer Combination von becherartigen Figuren von bestimmten Winkeln, welche nach Art von Haidekraut in einander eingereiht waren, eine zweite, welche die Form und das Gewebe einer Feder hatte. An der Feder fehlte meist die eine Hälfte der Fahne. Von dem Schafte aus, welcher aus sehr weissen Eistheilchen bestand, erstreckten sich seitliche Lagen feiner paralleler Fäden unter einem Winkel von 60° . Von jedem dieser Fäden lief in einer andern Ebene wieder eine Reihe der feinsten Strahlen aus, die nur durch das Mikroskop zu bemerken waren. Damit war der Bau des federartigen Gebildes, das oft 1 Zoll Länge und $\frac{3}{4}$ Zoll Breite hatte, geschlossen. Aber oft entsprangen aus der Oberfläche der Fahne wieder neue Federn unter dem Winkel von 60° . Sie schienen so lange in gleicher Weise fortzuwachsen, bis ihr Gewicht zu gross wurde und sie herabfielen. Alles spätere Zuwachsen neuer Theilchen änderte die Gestalt des zuerst gebildeten Krystalls nicht ab, sondern dehnte ihn bloss in den Verhältnissen seiner Hauptfläche aus und mit deren Ausdehnung ordneten sich die Theile genau entsprechend dem Schafte der Fahne und Rippe der Feder.

Hiermit ist nun eine Uebersicht der wichtigsten Beobachtungen des Reifes gegeben, dessen Verschiedenheit von Bildungen des Schnees hauptsächlich auf grössere Einfachheit der Formen zurückkommt; so dass der Schnee günstigere Verhältnisse der Krystallbildung voraussetzen lässt, deren Einzelheiten aber an dem Schlusse dieses Werkes vorkommen werden.

C. Vom Hagel.

§. 42.

Vom Hagel ist hier nicht der Grund seiner Entstehung, über welche unter den Meteorologen sehr viel gestritten wird, zu erörtern, sondern nur seine innere Eis-Structur und die Art seines Vorkommens. Bisher hat man bei dem Hagel zwei oder drei Classen unterschieden, die meist nur nach der Grösse bestimmt wurden.

Die s. g. Graupeln (oder Riesel, grésil) geben meistens vollkommen runde, nur selten durch einzelne Hervorragungen von der runden Gestalt abweichende Körner; ihr Durchmesser ist meist kleiner als eine Linie. Die einzelnen Körner sind stets undurchsichtig, häufig ziemlich locker, mehr oder minder weiss. Nur bei grösserer Dicke nehmen sie einen dünnen Eisüberzug an.

Zu dem Hagel wird ferner oft eine Art gezählt, welche kleine Kügelchen von durchsichtigem Eise darstellt. Der Verfasser hat helle kleine Krystallkörper, wiewohl nur in geringer Zahl und von mancherlei Ge-

stalt einzeln und verbunden fallen gesehen. Kämtz, p. 446. Vorl. über Metereol., scheint dieses zurückweisen zu wollen, weil diese Art auf eine vom Hagel verschiedene Weise und so entstehe, dass Regentropfen, die bei schnell vordringenden Südwinden in eine sehr viel kältere untere Luftschicht fallen, in der Nähe des Bodens plötzlich gefrieren.

Der eigentliche Hagel, sagt derselbe erfahrene Meteorolog, hat meistens eine birnförmige Gestalt mit einer halbkugelförmigen Rundung auf der unteren Seite. Er besteht meistens aus einer undurchsichtigen schneeartigen Masse; werden die Körner grösser, so sind sie oft mit einer dicken Eistrinde umgeben; zuweilen finden wir mehrere Schichten abwechselnd aus Schnee und durchsichtigem Eise. Kein einziger Beobachter erwähnt Hagelkörner bloss aus durchsichtigem Eise bestehend; in allen Beschreibungen derselben wird dieses Schneekerns gedacht. Häufig gleichen die Körner dreiseitigen Kugelsegmenten oder dreiseitigen Pyramiden, deren Basis ein Stück einer Kugeloberfläche bildet; desshalb glauben Delcros, Nöggerath und andere Beobachter, dass die ursprüngliche Gestalt der Körner eine Kugel sei, welche beim Herabfallen zersprengt werde.

Kämtz hält jene pyramidenähnliche Form für eine ursprüngliche, da wir sie sehr häufig an dem mit durchsichtigem Eise umkleideten Schneekerne sahen. Dieses bestätigt die Art der Structur des Hagels, welcher sich immer kegelförmig und röhrenartig spaltet; jedoch dürfen diese Pyramiden nicht mit

jenen kleinen Pyramiden des Schnees verwechselt werden, zu deren regelmässiger krystallinischer Bildung ruhiges Wetter und ein sehr hoher Kältegrad erforderlich sind, und welche daher selten vorkommen.

Viel Licht verbreiten aber über die Form des Hagels die allgemein anerkannten Umstände, unter welchen er gebildet wird, und deshalb gehören diese auch hierher. Der Hagel entsteht immer, darüber sind alle Beobachter einig, bei stürmischer Aufregung der Atmosphäre und schneller Temperatur-Aenderung in den höheren Schichten; darum erscheint er meist nur im Sommer, weniger in kalten Climates, während er in den gemässigten Gegenden häufig ist und bis zur Grösse eines Taubeneies vorkommt. Zwischen den Wendekreisen in der Ebene ist er ebenso wie im Polarkreise selten, weil hier die Wärme, dort die grosse Differenz oder die grosse plötzliche Abwechslung fehlt. Volta zeigte zuerst, dass zur Entstehung des Hagels wenigstens zwei Wolken-schichten erforderlich sind, und ebenso constatirt ist ein eigenthümliches Geräusch, welches dem Fall des Hagels vorangeht; nur darüber ist man noch nicht eins, ob die den Hagel bedingende schnelle Wärme-Abnahme einer starken Verdunstung in trockneren Schichten oder der durch Electricität verursachten raschen Wasserbildung und der damit verbundenen Wärmeabsorption zuzuschreiben sei; ferner ob anzunehmen sei, dass die Körner dadurch entstehen, dass sie zwischen den verschiedenen Wolkenschichten durch Electricität abwechselnd angezogen und abgestossen

werden, oder dadurch dass sie einfach durch mehrere verschiedene Luftschichten herabfallen und durch die ihnen beiwohnende Kälte sich vergrössern.

Aus diesen Thatsachen ergibt sich am natürlichsten die den kreisförmigen Schneefiguren entsprechende kugelförmige Bildung nebst Kegel- und Röhrenformen, und diese scheinen durch die vorhergegangene Betrachtung der Schnee- und Reiformen hinlänglich aufgeklärt zu sein und trefflich in die Reihe der verschiedenen Eisgebilde zu passen.

§. 43.

Von dieser unregelmässigsten Form der atmosphärischen Gebilde gehen wir noch zu einer Eisform über, welche atmosphärischen Ursprungs auf dem Erdboden angetroffen wird und welche in den bedeutendsten Höhen vorkommt, nämlich zum Gletschereis. Dieses scheint aus einer eigenen Combination von Schnee und Eis gebildet zu sein und kommt in grossen Eisfeldern vor, welche die Spitzen der Hochgebirge umlagern und sich in den Seitenthälern bis mitten in die Vegetation heraberstrecken. Sie entstehen aus den gewaltigen Ablagerungen des Schnees und insbesondere des festen körnigen, wie er auf gewisser Höhe regelmässig erscheint, welche im Sommer durch Thauen mit Wasser durchsickern und sich so immer mehr in der Tiefe zu klarem festem Eise umgestalten. Während der untere Theil der Eislagen im Sommer aufthaut, rücken auf den geneigten Ebenen die Massen beständig nach und so scheinen die

Gletscher, je nachdem dieses Hinabgleiten und das Nachrücken von oben oder das Thauen stärker ist, das eine Jahr mehr vorzuschreiten und im andern mehr zurückzubleiben. Neuerdings hat Agassiz in dem Umstande, dass das in die Spalten gedrungene Wasser gefrierend sich ausdehnt, den Grund für manche eigenthümliche Erscheinungen der Gletscher nachgewiesen. Er hat das Stehenbleiben grosser Eis tafeln auf Säulen und das Durchsinken der Steine, welche auf die Eislagen gefallen, in einer diagonalen Richtung auf die physikalischen Bedingungen reducirt und erwähnt der Haarspalten, welche das feste Eis in Folge des Thauens und des innern Drucks durchziehen.

Die Gletscher enden in Höhlen von mächtigen Eisblöcken gebildet, aus deren Tiefen das Wasser von dem Gletscher hervorströmt. Die wild übereinander gestürzten Blöcke strahlen an ihren gigantischen Formen in den haushohen Grotten das reinste Dunkelblau wieder.

An der Nordwestküste von Amerika, wie auch in Novazembla hat man uralte Gletscher gefunden, welche mit Erde bedeckt sind und in ihrem Innern die Knochen und Zähne des antidiluvianischen Mammuths bergen. Auf dem Aetna zeigen sich sogar Eisschichten von längst erkalteter Lava übersetzt.

Die Höhe, in welcher die Gletscher vorkommen, ist sehr verschieden; einige hören schon bei 7—8000 Fuss über dem Meere auf, andere steigen bis 3000 Fuss hinab. Diese Gletscher werden nach unten schmaler und dünner. Oben haben sie 120—180 und

unten 50—60 Fuss, und sie öffnen sich hier mit einer Wölbung, die Bäche aus sich entlässt.

Das Gletschereis zeigt eine ungleiche rauhe körnige Oberfläche und besteht aus lauter regelmässigen kantigen Stücken oder Krystalloiden von $\frac{1}{2}$ — $1\frac{1}{2}$ Zoll Durchmesser. Die Form dieser Körner ist sehr mannichfaltig und nicht regelmässig krystallinisch; ihre Flächen sind uneben, runzlich, streifig, und ihre Grösse nimmt immer gegen das Thalende des Gletschers zu, wo man Stücke von 3 und mehr Zoll Durchmesser findet. Nach oben zu nimmt die Grösse allmählig ab und in einer gewissen Höhe geht das Eis in seine erste Entwicklungsstufe den Firn über, der ein körniger, fester Schnee ist, oder vielmehr zwischen Eis und Schnee die Mitte hält; er bildet meist die obersten Schichten der Eismeere und bedeckt die Kuppen der hohen Gebirge. Diese fragmentarische Beschaffenheit zeigen ohne Ausnahme alle Gletscher, wiewohl die feinen Spalten, Haarspalten, oft nur künstlich oder durch Anhauchen bemerklich gemacht werden. Die in den Fugen enthaltene Luft macht das Eis wegen der verschiedenen Brechung der Lichtstrahlen undurchsichtig, wiewohl jedes einzelne Fragment völlig wasserhell und durchsichtig ist.

Der Uebergang des Firns in Eis wird so erklärt, dass in den Sommermonaten ein Theil der Firnmasse in Wasser aufgelöst wird, welches zwischen die körnige Masse hinabsickert, die in den Fugen enthaltene Luft verdrängt und am Grunde von neuem gefriert. Das gefrierende Wasser setzt sich an die Firnkörner

an und vergrössert dieselben. Je mehr das Anfangs sehr lockere Eis hinabgleitet desto derber und fester wird es. Das bei Tage von den Gletschern herabrieselnde Wasser, wenn es Nachts auf der Oberfläche der Gletscher erstarrt, hat einen von dem Gletscher-Eis durchaus verschiedenen Character.

Das Gletschereis bildet den besten Uebergang von den atmosphärischen Eisgebilden zu den Formen, welche sich im Flüssigen durch Gefrieren bilden. Darum als Anhang noch einige Worte darüber. Diese haben alle die Eigenschaft wenig krystallinisch zu sein, keine bestimmte parallele Flächenabsonderungen durch die ganze Masse zu bilden, und es ist zweifelhaft, ob eine solche zusammenhängende Eismasse als viele in einander verschmolzene und einander in der unabhängigen Ausbildung störende Krystallindividuen oder als ein grosses nach den Seiten nicht genau begrenztes Individuum anzusehen ist; deshalb mag eine kürzere Beschreibung des Wichtigsten dieser Art genügen, bis bestimmtere Versuche diese Frage in ein helleres Licht gesetzt haben. Sind die Wassermassen klein, hängende Tropfen oder in schmalen Gefässen, so bestimmt die verhältnissmässig grosse Oberfläche so sehr das Ganze, dass im Innern eine in Blätterdurchgängen geäusserte krystallinische Bildung nicht hervorkommt. Sind dagegen grosse Wassermassen vorhanden, so beginnt die Bildung an der ruhigen Oberfläche, aber einige Strahlenbildungen, welche horizontal oder vertikal gehen, abgerechnet ist nichts krystallinisches wahrzunehmen und

es bleibt zu wünschen übrig, Bedingungen zu entdecken, unter welchen bestimmtere Flächenabgrenzungen nach aussen und innen eintreten. Zum Schluss wollen wir etwas genauer die Gebilde tief im Innern des Wassers betrachten, weil diese vielleicht die Aufmerksamkeit von Manchem unserer Leser schon auf sich gezogen haben und zur Erklärung von mancher auffallenden Erscheinung dienen.

Das Grundeis, dessen Existenz lange von den Physikern bezweifelt wurde, bis es durch wiederholte Beobachtungen constatirt war, ist porös, grün und schwammiger als das an der Oberfläche gebildete und gleicht einem durchnässten Schneeballe. Es erzeugt sich nur in bewegten Strömen bei anhaltender Kälte, zumal wenn Winde der Richtung des Stroms entgegenwehen, und setzt sich an hervorragende Stellen des Bodens an, mehr an haarigen Stoffen als an glatten, — nicht an Harz, Seide, Wachs u. dgl. m. Eiserne Ketten und Steine hat es in gewaltiger Dicke überzogen und solche vermöge seiner Leichtigkeit aus der Tiefe hervorgehoben. Das auftauchende Grundeis bewirkt das Zusetzen der Ströme, die ohne dieses wegen rascher Bewegung nicht gefrieren würden. Physikalisch ist diese Eisbildung dadurch erklärt, dass in den bewegten Gewässern (und nur in diesen kommt Grundeis vor) die schwereren und leichtern, die kälteren und noch nicht so erkalteten Wassertheile durcheinander getrieben werden, so dass eine gleichmässiger Durchkältung der ganzen Wassermasse bis auf den Nullpunkt auch an der Tiefe statt hat. Hier am

Boden geben nun die hervorragenden Spitzen eben so wie die Ufer an der Oberfläche einen Schutz gegen die starke Bewegung des Wassers und der Krystallisation einen Stützpunkt; die gebildeten Massen geben dann zwischen sich wieder neue Ruhepunkte und so entstehen zusammenhängende Massen.

Durch die bei dem Gefrieren des Grundeises frei werdende Wärme wird die bewegte Masse des Wassers in der Temperatur erhalten, welche zum Flüssigsein erfordert wird.

Die in die Tiefe gelassenen Fischkörbe fand man, wo das Wasser ruhiger gewesen war, ganz mit durchsichtigen Eiskügelchen incrustirt und das Innere ganz mit Eisscheiben von 2 Quadratzoll Fläche und $\frac{1}{6}$ Zoll Dicke erfüllt.

Es sollte nun noch nach den in der Luft entstandenen Eisformen der Tieffrost oder das im Flüssigen gebildete Eis beschrieben werden. Da jedoch dieses so viel gleichförmiger und einfacher ist als die atmosphärischen Gebilde, so scheint eines Theils mit den allgemeinen Andeutungen in der Einleitung dieser Gegenstand hinlänglich erledigt zu sein, anderen Theils ist mit der Erklärung der feineren und mannichfaltigeren atmosphärischen Gebilde auch die der einfacheren Tieffrostformen gegeben.

Vierter Abschnitt.

Zusammenfassung und Erklärung des Bisherigen.

§. 44.

Im Vorstehenden sind die hauptsächlichsten Formen des Eises in seiner verschiedenen Erscheinungsweise beim Niederschlage aus der Luft übersichtlich zusammengestellt; manche einzelne Thatsachen und weitere Ausführungen mussten zurückgehalten werden, theils um die Uebersicht nicht zu stören, theils weil sie nur erst im Zusammenhange des Ganzen recht zu verstehen und zu würdigen sind. Dahin rechne ich bei den Eisfiguren am Fenster und bei dem Tieffrost die erste Anhaftung, den Fortschritt und die Umbildung der Formation durch Thauen und Wiedergefrieren, die Veränderung durch Verdunstung, die Bildung von Rissen und Bläschen in den Figuren, den Gegensatz in den Figuren und in den einzelnen Seiten derselben; weiter die verschiedenartigen Krümmungen, Störungen, Ablenkungen und Auswüchse oder Ueberlegungen.

Bei dem Schnee ist dahin zu rechnen die Erörterung der Bedingungen, unter denen die verschiedenen Arten entstehen, das Gesetz der Zertheilung und Fortbildung, die Verwandtschaft und Folge der einzelnen Figurationen.

Zur Hinleitung auf diese letzte wichtigste Betrachtung diene, das Ziel uns lebhaft vorzustellen, nach welchem wir bei aller Aufmerksamkeit auf Formen der Naturkörper streben müssen: nämlich jede amorphe oder krystallinische Bildung als genauen Ausdruck des Hergangs und derjenigen Art und Weise anzusehen, wie das Flüssige schrittweise in die Form des Festen übergegangen ist. Soweit wir nun auch von der genügenden Lösung dieser Aufgabe entfernt sein mögen, so ist es doch wichtig auch auf die Ferne hin die Aufgabe zu kennen, es wird uns um so leichter den Weg und das Mittel aufzufinden, um dem Gesuchten näher zu kommen und mit der Zeit durch zweckmässige Versuche einige Klarheit und Gewissheit über Ursache und Wirkung in diesem wichtigen Gebiete zu erlangen.

Vor allen Dingen dienen die mannigfaltigen Formen des Fenstereises dazu uns fühlbar zu machen, dass keine bestimmtgeformte Grundkörper mit Winkeln von 30° , 60° u. s. w. die Grundlage des Wassers bilden.

Denn wie wären die Abweichungen aller gebogenen Bildungen und der geradlinigen Formen mit anderen Winkeln zu erklären? Wie würde I Schnee 3—10, Reif 2—13. II, 12—16. 49. 57. 31—33. 93—95. III, 4 f. 12. 23—26. IV, 1. 2. 7. 13.

V, 14. 21. 22. zu dieser Erklärung passen, da auch bei Strahlbildungen die Winkel auf die auffallendste Art abweichen? Was begründet hier die unregelmässigen Winkel? — Wir finden die Unregelmässigkeit verschwunden, wo sich das Fenstereis über seine Unterlage, das wellenförmige auf mancherlei Weise unregelmässige Glas erhebt; allenthalben wo es sich auf eine schon gebildete Eisunterlage aufsetzt; z. B. III, 4. wird eine regelmässige Winkelbildung erfolgen. Eben deshalb möchte ich als mir wahrscheinlichen Naturzusammenhang der Ursachen und Wirkungen, welcher durch weitere Versuche noch bewiesen werden muss, dieses aufstellen: auf geschliffenen ebenen oder kugelförmigen Glasflächen wird sich der Dunst beim Gefrieren in Strahlen niederschlagen, welche Winkel von 30° als vom Sechsstern ausgehend, von 120° als vom Rande drei zusammentreffender regelmässiger sechseckiger Tafeln gebildet, und von 60° und 150° als deren Nebenwinkel einschliessend, wie davon verschiedene Beispiele auf allen Tafeln zu finden sind. Warum aber der rechte Winkel so selten gefunden wird, das scheint von der Eigenschaft dieser Bildungen herzurühren, von einem Centrum anzufangen, so dass Parallelismus erst die zweite abgeleitete Grundlage ausmacht, wobei ich mich besonders auf die einzelnen Strahlen beziehe, welche auf der Oberfläche und in der Tiefe des gefrierenden Wassers plötzlich von verschiedenen Punkten aus anschliessen. Zugleich aber ist das regelmässige Sechseck des Reifs und des Schnees aus der geometrischen

Wahrheit abzuleiten, dass in der Ebene je drei gleich grosse Kugeln am leichtesten sich zusammenlegen und je sechs um eine Mittelkugel sich ordnen; denn indem die Dunstkügelchen so sich vereinigen, entsteht an sechs symmetrischen Stellen ein Zusammenstossen der Oberflächen I, 62.; vereinigt sich dann die Masse weiter, so entsteht I, 66. 67. je nachdem der Mittelpunkt oder der Umkreis die grösste Anziehung äussert. Bei grösseren Figuren treten Systeme von Dunstkügelchen wohlgeordnet zusammen wie I, 82. Der Stoff erstarrt zu geraden Linien, zu Strahlen, wie in den Lichtenbergischen Figuren, und es entstehen Schnee und Reif immer aus dem sechstheiligen Stern oder aus dem Sechseck als Grundfigur. Die Ausdehnung nach nur zwei Erstreckungen, also in einer Ebene, schreibe ich dem wenigen Stoff zu, welcher durch dazwischenliegende Luftschichten getrennt wird, wie das auch der Augenschein in beiden Erscheinungen besonders im Schneefallen lehrt. Auf die Schnee- und Reiffiguren ist hier deshalb besonders Rücksicht genommen, weil in denselben die krystallinische Kraft besonders zum Vorschein kommt. Zugleich ist ein gewisses Streben nach regelmässiger Theilung vom Mittelpunkte aus sehr deutlich, so dass, wenn ein Strahl wegfällt, die übrigen fünf sich noch gleichmässig zusammenstellen, und die wenigen viereckigen oder viertheiligen Formen scheinen mir aus dem Zusammenfallen von je zwei Hauptaxen entstanden zu sein, wie I, 51. wo der obere und der untere Keil verhältnissmässig mehr Breite hat oder aus nur vier

Dunstkügelchen als Grundform, welche eine Raute bilden, wie solche aus I, 62. entsteht, wenn drei neben einander stehende Kugeln vom Rande hinweggedacht werden und wie solche wirklich in I, 51. in der Mitte und an den Seiten stehen. Durch eine leichte Verrückung stellen diese vier Kugeln auch die Grundlage zu einem Quadrat dar, aus welchem dann I, 54. 55. entsteht.

An die frühere Behauptung, dass man keine eckige Grundkörper für Erklärung der Winkelbildung annehmen könne, schliesst sich auch die Wahrnehmung der krummen Formen beweisend an. Wir haben keinen Grund, diese Formen auf kleine geradlinige Theilchen zurückzuführen, wenn gleich III, 4. 4e. 20. 21. in geradlinige Theilchen sich zerlegt hat oder mit denselben besetzt worden ist; vielmehr glaube ich, dass jede mikroskopische Untersuchung die meisten der krummlinigen Formen am Fenster als wirklich gekrümmt ausweisen wird. Zur Erklärung dieser Formen scheinen mir zwei Annahmen nothwendig; in den meisten Fällen scheint die Ablenkung des geraden Strahls von einer Zertheilung und Verästelung auszugehen, welche sich meistens durch die Seitenformen deutlich darstellt, aber auch in manchen Fällen nach einer Seite oder nach beiden hin wenigstens in den Verästelungen unentwickelt bleibt. Die schönsten Verästelungen ohne Seitenzweige finden sich III, 14. 15. IV, 24. 29—32. dargestellt; nach einer Seite herrschen die Seitenzweige vor in den Feder- und Palmenformen III, 1. 5—7. 9—11. 19—24. Es

ist hierbei die Tendenz zur Biegung und Krümmung so vorherrschend, dass wenn in feineren Theilchen diese Kraft die Masse überwiegt und sie ganz beherrscht, die feinsten Krümmungen in den Ausläufern entstehen wie II, 67. 71. 73. 78. 79. III, 9. IV, 25. Die schönste graphische Erläuterung von obiger Hypothese giebt III, 2. Nicht als ob immer so sichtlich ein Ueberschuss auf einer Seite der Hauptstrahlen hervordringen müsste; sondern eine Polarität giebt eine einseitige Entfaltung in der Art wie man sie an einem elektrisirten Pinsel oder Haarbüschel nach allen Seiten wahrnimmt. Die zweite Annahme ist die Gruppierung um ein Centrum, welche von demselben als Anfang ausgeht, wie I, 81. 85. 88. 89. II, 29. 30. V, 15—18. 51. 60. 61. 64. oder vom Umkreise beginnt und nachdem dieselbe von zwei Seiten her sich fast abgeschlossen hat, alle benachbarten Linien in dieselbe Form zieht wie II, 74. 75. 78. III, 20. 21. IV, 12. 24. Im Ueberblick dieser Betrachtungen ist nicht zu verkennen, wie grosse Gleichförmigkeit trotz aller Verschiedenheit zwischen den geradlinigen und krummlinigen Formen statt findet; jede der beiden Arten bildet sich selbständig und eigenthümlich aus. Bei den geradlinigen Formen herrscht Winkelbildung, Ausstrahlung, Verzweigung vor; der Winkel wird wiederholt, die geraden Züge spalten sich unter bestimmten Winkeln, es springen an den Seiten oder am Ende Zweige ab und wiederholen in ihrer Weise die angefangene Grundform: II, 54—56. 42—46. 49—56. Bei den krummlinigen herrscht Gruppierung

vor, das heisst die Art der Krümmung ist dieselbe, sie mag sich nun gleichbleibend kreisförmig sein, wie in so vielen Schneefiguren, oder vom geradlinigen ausgehend sich immer stärker krümmen, wie in der Feder- und Palmenform, oder unabhängig vom Geradlinigen in verschiedenen Kreis- und Ellipsenformen sich darstellen, wodurch die Krautform entsteht. Beide Bildungen gehen von grösserer einfacher gebildeter Masse aus und entwickeln sich in feinere Theile, die deutlicher das Bildungsstreben, welches zum Grunde lag, darstellen und in welchen die Kraft um so deutlicher hervortritt, je feiner die Masse sich theilt und dem leisesten Bildungszuge folgen kann. In Beiden herrscht eine Grundgestalt vor und wird in unzähligen Nachahmungen wiederholt, so dass man an manche Pflanzenbildung unwillkürlich erinnert wird. Wovon aber hängt die geradlinige oder die andere Bildung ab, welche Bedingungen kann man herstellen, um die eine oder die andere Form hervorzubringen? Dieses muss noch durch Beobachtungen und Versuche mit gefrierenden Seifenblasen und an den Fenstern weiter aufgeklärt werden; im Allgemeinen scheint grosse gleichbleibende Kälte, ruhige Luft die scharfen krystallinischen Formen hervorzubringen, aber wie wirken elektrische und magnetische Spannung, verschiedener Barometerstand? diese Fragen sind eben so anziehend wie ihre Beantwortung schwierig ist.

§. 45.

Nach diesen Betrachtungen werden sich die so

vielgestaltigen Schneefiguren in wenige Arten und Unterarten zerlegen lassen; es kommen die geradlinigen Formen fast immer als Grundlagen in den Hauptaxen vor; die einzige Ausnahme bildet I, 87., diese aber stützen sich auf den Mittelpunkt, von welchem, als dem Ausgangspunkte, sie den Anfang und die Richtung nehmen; nun aber entsteht eine scheinbar unübersehbare Mannichfaltigkeit; allein nach unserm früher ausgesprochenem Satze zeigt sich bald jede Weiter- und Umbildung im Einklange oder wenigstens in Verbindung und Verwandtschaft mit der ersten Grundlage, und so muss nach und nach jeder Theil einer Schneefigur in gewisser Harmonie mit dem Ganzen erscheinen, so auffallend auch Manches dem ersten Blicke sich darstellt.

Die regelmässigen Schneefiguren theilen sich in zwei grosse Classen, wie diese schon im vorhergehenden § angedeutet sind und durch ähnliches Vorkommen an den Fensterscheiben bestätigt werden, es sind die geradlinigen und krummlinigen Formen.

Die geradlinigen sind die Grundlage der anderen und kommen am häufigsten ja in kälterem Klima in den einfachen Figuren allein vor, daher Scoresby bis auf wenige Andeutungen der Kugelform (als Kerne und Besetzung) nur geradlinige Formen angiebt. Aber unter den vielgestaltigen ausgeführteren, wie sie in Holland, Dänemark, England gesammelt worden sind, scheinen die krummlinigen nicht seltener zu sein und in Zürich beobachtete Scheuchzer und in Breslau Rundmann viele krummlinige Schneegestalten.

Unter den krummlinigen kann man dann wieder solche unterscheiden, in denen eine bestimmte krystallinische Structur vorherrscht von solchen, die mehr den Charakter des Verflossenen Geschmolzenen an sich tragen und die bloss durch die Lage ihrer Theile, wie die baumschlagartigen Figuren an den Fensterscheiben, eine entfernte Beziehung zur Krystallisation verrathen. Zur ersten Classe rechne ich z. B. I, 48. 63. 70. 73. 74. 80 und V, 16. 21 *a. g. k.* 31. 36 *a. c. d. e. l. n. p. q. r.* u. dgl. m.; zu der zweiten Classe I, 47. 62. 66. 69. 71. 73. 82—88. V, 13. 17. 21 *c—f. h. i. l—r.* 22 *a—r.* 28. 48. 52. 53. 36 *f—k. m.* 37—39. 61. 63. 64. und andere.

Beide Classen kann man verschiedenartig einteilen, je nachdem man von der Verwandtschaft der Formen, der Art der Entstehung und Umbildung oder von der Stufe der Ausbildung ausgeht.

Ueerblicken wir die ganze bunte Menge der uns von den Beobachtern verzeichneten regelmässigen Schneefiguren, so unterscheiden wir leicht als die zwei einzigen Momente des Unterschiedes Vorherrschen einer bestimmten Richtung der Structur und die bestimmte Stufe der Zerlegung der krystallinischen Grundform. Sie bilden Folgen oder Ordnungen, in welchen jede Stufe durch eine ganze Reihe von Formen dargestellt ist; so bezeichnen die linearen Strahlenfiguren, die balkenförmigen, die plattenartigen bestimmte Stufen, indem sie der vollen körperlichen Grundgestalt des Eiskrystalls verschieden nahe stehen.

Die Schneefigur ist muthmasslich, so lange sie

in einer hinlänglich kalten und mit Dünsten gefüllten Luft sich befindet, in beständiger Fortbildung begriffen, und es wird die Art des Produkts davon abhängen, in welchem Maasse die Bedingungen der krystallinischen Gestaltung günstig sind. Dabei müssen bedeutende Veränderungen in dem Bildungsraume auch die Schneebildungen umformen, wie solche veränderte Ausbildungen sehr leicht in I, 60. 79. V, 18. 51. 60. 61. zu erkennen sind, nur ist und bleibt es bis jetzt noch die schwere Aufgabe, die näheren Ursachen derselben anzugeben und durch Versuche klar zu erweisen. So ist V, 60. 62. ein Uebergang von der linearen Bildung zur Platten- und Balkenbildung bemerklich, V, 66. 71. vom Eckigen zum Runden, V, 56r. von Balken und Platten zum Linearen.

Ferner ist der Grad der Ausbildung besonders wichtig; z. B. manche Figuren bleiben bei der Kerngestalt stehen I, 12. 13., andere bilden eine zweite Formation aus I, 27—29. 65., andere erheben sich zu einer höheren Stufe, wobei Kern und Rand eine Mittelform zwischen sich haben und wobei am Rande neue Kernpunkte bemerkbar werden: I, 30. 60. 61. An diese Art der Ausbildung schliesst sich auch die Ueberlagerung, indem anstatt am Rande an anderen Kraftpunkten eine Weiterbildung erfolgt, welche aber in gewisser Hinsicht verschiedenartig und untergeordnet gegen die Hauptbildung erscheint, wie die Berandung und Besetzung: V, 11. 13. 35. 41.

Dieselben Nachweisungen auch von den krumm-

linigen Figuren führen uns auf I, 47. 69. 81—85. als solche, in welchen eine Form vorherrscht.

Die Krümmung zeigt sich sowohl an linienartigen Gebilden oder Fäden wie an der Begrenzung von Flächen und Flächentheilen. Ferner kommen gewiss auch in den complicirteren Schneefiguren kugelartige Gebilde vor, wenn solches auch nicht mit Sicherheit aus vorliegenden Zeichnungen zu entnehmen ist; mir wenigstens scheinen alle die so häufig vorkommenden kreisförmigen und ovalen Gebilde nur abgeplattete Kugeln zu sein.

Die kreisrunde Fläche entspricht in den Schneefiguren durchgehends der sechsseitigen Tafel und ist die Grundform; aus ihr ergeben sich durch verschiedenartige Segmente die krummlinigen Nachbildungen der krystallinischen Haupttheile der Gestalt, der keil- und sternförmigen Gebilde und der verschiedenen Abstrahlungen, wohin die kolben-, scepter-, gabelförmigen und ähnlichen rundlichen Gebilde V, 21. 22. 56. 57. zu rechnen sind.

Suchen wir nun einen Erklärungsgrund für diese höchst charakteristischen Arten von Combinationen-Ausgliederungen und Theilungen, so zeigt sich schwerlich ein anderer dazu geeignet, als welcher den bisher gekannten Kräften entsprechend aber von denselben doch noch in den individuellen Wirkungen verschieden ist. Denn welche jetzt schon allgemein bekannte Kraft der Natur kann die ungleiche Ausbildung der Figuren in verschiedenen Richtungen begründen und welche kann theils das ungleiche Anhäufen wäs-

seriger Niederschläge an bestimmten Stellen der Figur, theils das Gefrieren in einer ganz bestimmten Richtung der Abgliederung und mit einer bestimmten Tendenz zur Krümmung bewirken? —

Schon Scoresby hat die Eigenthümlichkeit der Reifgestalten bemerkt und hervorgehoben, wonach sie nur an den Enden zunehmen und wachsen durch Anlagerung von entsprechenden Fäden in drei verschiedenen Richtungen. Die Vergleichung der so ähnlichen Schneefiguren hiermit zeigt diese Tendenz augenscheinlich. Oft besteht die den Rand zusammenhaltende Mitte nur aus sechs Fäden, welche natürlich zuerst entstand und dann die peripherischen Gebilde ansetzte und vollständig ausbildete, während die schwachen Mittellinien durchaus nicht verändert wurden. Hier ist also nur eine der beiden Annahmen möglich; entweder, dass die linearen Gebilde überall keine seitliche Fortbildungskraft besitzen oder aber, dass durch eine von dem Mittelpunkt der Figur ausgehende Polarisation der krystallisirbare Stoff den Enden zugeführt und von der Mitte abgestossen werde. Für diese letztere Annahme sprechen entschieden alle vorkommenden Erscheinungen, namentlich auch manche Missbildungen und an einzelnen Theilen später erfolgte Nachbildungen. Fortbildung der Schneefigur nur an den Enden ist daher als Regel anzunehmen.

Eine gleichmässige Anlagerung auch in der Mitte findet aber regelmässig an den krystalloidalen kugelförmigen Gebilden Statt, welche der entschieden

Axenspannung ermangeln. Sie bilden sich durch gleichmässige Umlagerung dünner gebogener Blättchen, vgl. V, 15. 28. 48. 51—53. 59. Es kann aber auch bei ihnen unter Umständen wieder die krystallinische Tendenz an den Enden bestimmter hervortreten und dann bilden sie sich in der Art geradliniger Gestalten weiter.

Eine zweite Ausnahme von jener Regel liegt darin, dass von der Mitte aus neue den früheren Bildungen entgegengesetzte Lagerungen ausgehen und jene mehr oder weniger bedecken oder überschreiten. Ein solches combinirtes Gebilde wird dann an dem äusseren Rande mit einer gemeinschaftlichen neuen Lagerung eingefasst und bildet sich von nun an wie eine einfache Figur weiter. Eben so entstehen an den Orten, wo zwei Seitenstrahlungen in verschiedener Richtung zusammentreffen, neue Ausstrahlungen und geben die Bildungen der Zwischenaxen.

Dies ist das Gesetz des Fortschrittes der Richtungen. Es wechselt dabei die Bildung zwischen einem krystallinischen und krystalloidalen Zustande und deutet dadurch auf mehr oder weniger der Krystallisation günstige Bedingungen hin. Diese denke ich mir besonders als eine gleichmässig zunehmende Erkaltung und ruhige Luft und ich schreibe daher die kugelförmige Bildung einer plötzlich eintretenden Erstarrung zu.

Ausserdem gehört zu den günstigen Bedingungen der vollständigen Krystallisation eine hinreichende Menge von Dunstniederschlag, und da in derselben

Luftschicht des Niederschlags immer weniger werden muss, so müssen die späteren Schneefiguren kleiner und feiner werden, so wie auch die Regenwetter im Sommer mit grossen schweren Tropfen anfangen und später mit mässigen, ja kleinen Tropfen anhalten oder aufhören.

Aus der vorhergehenden Betrachtung der Entstehung der Reifgebilde und Schneefiguren geht eine Anordnung nach den sechs Hauptstrahlen hervor, welche mit einer gewissen Kraft vom Mittelpunkte nach dem Rande hin wirkt, wie es sich aus den geraden Strahlen ergibt, denn die gerade Linie ist ja immer der Ausdruck der Richtung einer ohne Hinderniss wirkenden Kraft, welche aber auf eine gewisse Grenze hin unter demselben Winkel wieder ab-, vorwärts- oder zurückstrahlt. Wird diese Kraft geschwächt so findet eine Verbindung der Hauptstrahlen durch verschiedene krumme Linien Statt. Wenn also die stärkste Krystallpolarisation in dem Mittelpunkte liegt, so findet sich die zweitstärkste am Ende der Strahlen, weil wir von hieraus bisweilen vier Linien nach den Seiten ausstrahlen sehen, z. B. I, 41. 42. Den allgemeinen Hergang des Ganzen kann man sich am besten durch §. 30. schon erwähnten und beschriebenen Versuch Wilke's mit einer gefrierenden Seifenblase anschaulich machen.

Hiermit ist nun die Bildung der allgemeinen Classen der Schneefiguren erläutert, durch welche Bedingungen aber die feineren Bildungen am Rande, die Verlängerung und Verkürzung der Hauptstrahlen,

die Mangel- und Wucherbildungen erfolgen, das lässt sich noch nicht genau ermitteln; ein hoher Triumph der Wissenschaft aber würde es sein, wenn aus den Schneeformen ein sicherer Schluss auf die Beschaffenheit der Luftregion, wo sie entstanden, abgeleitet würde. Aber so wenig wir von den täglich uns erscheinenden bestimmten Wolkenformen etwas Näheres wissen, so wenig sind wir über die Bildung der so mannichfaltigen Schneeformen im Klaren; allein Sammlung von Erfahrungen und Vergleichung derselben mag vereinte Kräfte vieler Naturkundigen zum Ziele führen.

§. 46.

Ein eben so reiches Feld der Beobachtung wie die Schneefiguren bieten die gefrorenen Fensterscheiben dar, und so wie in den §§. 14—27. ihre einzelnen Erscheinungen beschrieben sind, so ist es jetzt die Aufgabe aufzustellen, was als allgemeines Gesetz sich aus diesen Erfahrungen ableiten lässt. So wie Horner (vergl. §. 17.) die Bildung und Folge der blumenartigen Umrisse und Verzweigungen an den gefrorenen Fensterscheiben am genauesten beschrieben hat, so haben Marx, Schweizer und Seidel (Jahrb. d. Chem. u. Phys. XXIV. pag. 431.) das Beste zur Erklärung dieser Figuren geliefert. Marx reducirt hier nämlich alle Bildungen auf die sechsseitige Tafel, welche meist zwar mit ihren Hauptflächen parallel den Fensterscheiben liegen, dann aber auch nach den Seitenflächen zusammenstossen und Vierecke bilden,

endlich auch in abnehmender Grösse über einander liegen oder sich trichterförmig in einander schieben und wieder zu verbundenen Strahlen zusammentreten. Von der Seite angesehen oder in anderen Richtungen liegend erscheinen sie wohl auch als Anhäufungen von Vierecken; meistens seien alle diese Formen in einander gewoben und auf einander geschichtet und die jedes Mal an Masse und Menge vorherrschenden gäben dem Ganzen sein charakteristisches Aussehen.

Auch die Schneegebilde erklärt Marx, wie man es leichter einsieht, aus dem Grundtypus der sechsseitigen Tafel; durch Fehlen der krystallisirbaren Materie an den Seiten entstehen die mehr linearen Gebilde wie I, 43—46. Ausser den zwölfstrahligen Sternen, welche er als aus dem Uebereinanderfallen zweier sechsstrahligen entstanden ansieht, erwähnt er noch die durch Säulchen verbundenen Sechsecke I, 21., welche er als Grundlage von sich bildenden Prismen ansieht. Wenn wir auch in allen übrigen Ansichten ihm beistimmen, so müssen wir doch die mechanische Uebereinanderlagerung zweier Sterne ganz verwerfen; vielmehr treibt uns das Vorkommen der zwölfstrahligen Formen, dieses ebenso aus einem Vorherrschen der Krystallisationstendenz zu erklären, wie dann beim Nachlass derselben aus der sechstheiligen Anlage die dreitheilige, aus der zwölftheiligen die drei- oder die viertheilige Form entstehen kann.

Das Vielgestaltige des Fenstereises wie des Schnees kommt aus der gleichen Ursache, nämlich weniger Stoff und ein im Niederschlage aus der Gasform sehr

bildsamer Stoff begründen diese Mannigfaltigkeit. Dann ist aber die grosse Abwechslung und Unregelmässigkeit im Fenstereis besonders aus der Ungleichheit und den grossen Gegensätzen der Temperatur zu erklären, unter welchen sie zu Stande kommen, so dass durch die Annäherung an das Aufthauen besonders die rundlichen Formen entstehen, wie wir dieses mit vollem Rechte aus dem erwähnten verschiedenen Vorkommen der krummlinigen Schneefiguren ableiten. Auch sind die verschiedenen Anheftungspunkte von grossem Einfluss, so dass man an grösseren Scheiben viel regelmässiger Formen wahrnimmt als an kleineren. Allein das Auftreten von erhabenen aus der Fläche hervortretenden Strahlungen ist mir noch bis jetzt unerklärbar, indem ich nicht nur in demselben Zimmer ein Fenster schlicht überzogen das andere mit diesen palmartigen Schweifungen bedeckt, sondern sogar an demselben Fenster nur eine von den acht Scheiben mit reicher Palmformation überzogen fand. Wenn nun gleich die Sachlage vielleicht so zu beurtheilen ist, dass, wenn der Sonnenschein die weitere Bildung nicht unterbrochen hätte, auch die übrigen Fenster noch weiter mit grossen Figuren überzogen worden wären, so kehrt doch die Frage wieder, warum entstand diese Bildung hier zuerst? — Ich habe nur zwei muthmassliche Ursachen gefunden: entweder ein verstärkter Luftzug an der Scheibe her, welche oben nicht ganz fest schloss oder, was auch weiter damit zusammenhängt, die Fähigkeit durch vorüberasselnde Wagen am heftigsten zu erzittern und Schall-

wellen zu bilden. Wer sich erinnert, wie Flüssigkeiten an tönende Scheiben sich anschliessen und anhaften, welche in voller Ruhe abgetropft wären, der wird auch einen grossen Einfluss von Erschütterung und von Tonwellen auf Krystallisation nicht leugnen.

Die grössten schönsten Zeichnungen entstehen aus aufgethauer noch anhaftender Flüssigkeit und bei diesen sind am deutlichsten Anfangspunkte der Krystallisation von einem hervorstehenden Stückchen Eis oder einer anderen Unebenheit zu erkennen. Ihr Verlauf von oben nach unten oder umgekehrt weist auf die aufsteigenden und herabfliessenden ungleich erwärmten Luftströme hin, allein ohne weitere oft wiederholte und auf das Bisherige gestützte Versuche wird kein sicherer Abschluss möglich sein; so habe ich z. B. horizontal gestellte befeuchtete oder fein übergossene Glasscheiben beobachtet und eine viel regelmässigere Structur gefunden, woraus das eben Gesagte leicht abzuleiten ist; allein wie viele Fragen gehen noch nebenher und erscheinen ebenso wichtig als diese? — Z. B. Einfluss von Licht und Dunkel und von directem Sonnenlichte; wie mächtig das letztere auf schon ausgebildete feste Krystalle wirkt, erkennt man aus den neueren Versuchen, wonach prismatische Krystalle von schwefelsaurem Nickeloxyd im Sonnenlichte nach einigen Tagen, ja von selensaurem Zinkoxyd in wenigen Minuten in Quadratoctaëder sich zerklüften.

Als die regelmässigste Form muss man die Federbildung III, 5—10 und alle ähnlichen II, 42—70

ansehen, weil in diesen parallele Streifung und eine Reihe gleichweit abstehender Theile und Linien wahrzunehmen ist und wenn man diese einfachen Bildungen durch das verschiedene Spiel der Naturkräfte zu erzeugen und zu verändern im Stande ist, dann wird eine grössere Klarheit und Sicherheit in diesen Betrachtungen von Stufe zu Stufe, vom Tieffrost zum Tafelfrost, von diesem zum Fenstereis und zu den Schneefiguren möglich sein.

Es ist nun noch die durchgängige Analogie hervorzuheben, welche zwischen den Schneefiguren und den Eisbildungen an den Fensterscheiben obwaltet. Dieselbe Bildung ist an dem Fenster wie in den Schneeformen zu erkennen, wenn man nur beachtet, dass im Schnee Alles feiner, regelmässiger und immer symmetrisch durchgeführt ist. Was am Fenster nur an einigen wenigen Gestalten sich findet, die vollständige gleichmässige Ausbildung aller sechs Seiten oder Strahlen ist beim Schnee Regel, weil in der Atmosphäre von keiner Seite eine störende Einwirkung bei der Bildung der Figuren stattfindet. Hier wie dort und wie namentlich bei den Primairfiguren, welche den Schneefiguren in der Structur am nächsten stehen, liegt eine einfache Kerngestalt zum Grunde, findet sich eine mehrstufige Ausgliederung am Umkreise und endlich eine mehrfache Ueberlagerung von Schichten, welche successiv entstanden sind. Hier wie dort zeigt sich einer Grundgestalt gemäss dieselbe Zertheilung und Zerstreuung der Aeste, die vermehrte Ausbreitung an den Enden, nur dass solche nicht

selten zur Bildung neuer selbständiger Figurationen am Umkreise führt und so mehr oder minder ausgebildete Nebencentra an den Enden der Achsen auftreten. Im Ganzen sind am Schnee mannichfaltigere Formen als an dem Fenstereis wahrzunehmen und es ist dieses leicht aus dem freierem Spielraum in der Bildung des Schnees abzuleiten. Die auffallendste Verschiedenheit zwischen beiden liegt in der kräftigen Strahlenbildung im Schnee, welche Erscheinung mir aber deutlich auf eine ungestörte Ausgleichung der Wärme- und Electricitätswirkungen gegen einander hinzuweisen scheint. Warum bringt die gefrierende Seifenblase ähnliche regelmässige Formen hervor? — weil bei der Festigung kein fremdartiger Körper durch seine abweichenden Stoffverhältnisse stört. Aber eine schwere Frage bleibt es immer, warum ein solches Streben des Stoffes vom Mittelpunkte nach dem Rande sich kund giebt, warum nicht solide Formen, feste Täfelchen das Gewöhnliche sind, wie beim Reif; warum dieses Gebilde der tieferen Luftregion mehr in festen Täfelchen entsteht, welche aber oft von einem Stiele als lineares Fundament abstrahlen? — Was für eine Ursache hat diese auffallende Trennung des Stoffes? — Weitere Fortschritte der Wissenschaft müssen dies erläutern.

Wir aber wollen diesen §. schliessen mit der Uebersicht des verschiedenen Vorkommens der Eiskrystalle. Als eine blasige blätterige schaumige Masse gestaltet es sich in dem luftverdünnten Raume unter der Luftpumpe und hat in diesem Zustande die grösste

Aehnlichkeit mit unregelmässig zusammengeballten Schneeflocken, auch scheint das Heraustreten des elektrischen Funkens bei diesem Versuche darauf hinzudeuten, wie jede Schneebildung auch elektrische Spannungen begründet oder ausgleicht, auch ist die dem Schneefalle vorhergehende rauhe Luft mit bei der Erklärung dieser Naturerscheinung zu berücksichtigen. Als glatter dünner durchsichtiger Körper legt es sich aus wärmeren Dunstschichten auf Körper an, welche unter 0° erkaltet sind, das sogenannte Glatt-eis. In sehr kleinen von einander gesonderten Theilen, Nadeln, Platten und Fäden schlägt es sich aus der Luft als Raufrost an Gegenständen mit hervorragenden Spitzen nieder. In der Mitte zwischen beiden Formen steht das Fenstereis, welches bald als förmliches Glatteis in gleichförmiger Lagerung die Scheiben bedeckt, bald in den mannichfaltigen oben beschriebenen Formen die Fenster verziert.

Am regelmässigsten erscheint das Eis in den Sternen und Täfelchen des Reifs und des Schnees, von denen ersterer der unteren dickeren, letzterer der oberen dünneren Luftschicht entspricht.

Die unregelmässige massige Bildung findet in der Luft im Hagel, welchen man deshalb fast für ein Eisgebilde ans Tropfen halten sollte, und im Flüssigen aus unregelmässigen Strahlen, Blättchen und Bläschen statt, so dass diese Massen der Schlacke, dem Glase, dem Harz und andern amorphen Körpern ähnlich sind.

§. 47.

Bis hierher wurden vorzugsweise die Thatsachen erörtert, welche in Beziehung auf die Krystallisation des Eises sich ergeben. Es ist nun noch übrig im Allgemeinen die Erscheinungen der Krystallisation überhaupt zusammenzufassen und ihre Erklärung auch auf andere Körper anzuwenden. Dieses ist aber am sichersten möglich, wenn wir uns vorher alle Grunderscheinungen und Grundgesetze vergegenwärtigt haben, welche in der Krystallographie und Krystallgenese von den Meisten als gültig anerkannt sind.

Thatsache ist zuvörderst das Auftreten der festen Körper in einer doppelten Form als krystallinisch und als nicht krystallinisch oder amorph; zwischen beiden Zuständen aber ist das Krystalloidische als ein Uebergang anzusehen. Das Verhältniss dieser drei Formen und Zustände zu einander ist natürlich nur mit Berücksichtigung aller der physikalischen Bedingungen auszumitteln unter denen sie zu Stande kommen.

Das Krystallinische entsteht auf dreifache Weise:

- 1) durch Erkaltung, Erstarrung aus elastisch-flüssigen oder aus tropfbar-flüssigen Mitteln;
- 2) durch chemische Niederschläge, also dadurch, dass Stoffe in neue chemische Verbindungen eingehen;
- 3) durch krystallinischen Niederschlag aus Salzaufösungen, durch Verdunstung, geschehe diese nun allmählig mit zunehmender Abkühlung oder durch Erhitzung in raschem Verdampfen.

Das Nichtkrystallinische, das Amorphe, entsteht:

- 1) durch Erkalten;
- 2) durch ein Gerinnen und Austrocknen.

Die Erstarrung geht bald gleichmässig bald weniger ungleichmässig vor sich, bald überzieht die Oberfläche sich mit einer Haut oder Kruste, bald ist gar kein Unterschied der Oberfläche wahrnehmbar, indem die Wärme gleichmässig aus allen Theilen der Materie entweicht und der mit der Kälte eintretende stärkere Zusammenhang sich ohne sichtbaren Unterschied vertheilt.

Oft auch zeigt sich im Innern des erstarrenden Stoffes eine ungleiche Verdichtung und damit verbunden eine entsprechende Porosität, Streifen, Blasen oder Schichten und hier ist ein erster Uebergang zur Krystallisation.

Grossen Einfluss auf die Form und das Gefüge hat die langsame und allmähliche oder die plötzliche und gewaltsame Festwerdung; so soll z. B. das Glas, welches gewöhnlich amorph ist, durch die besondere Art des Erkaltes krystallinisch werden.

Das Eigenthümlichste der Krystallform ist nun, dass sie eine regelmässige, meist symmetrische Vertheilung der Cohäsion nach den verschiedenen Dimensionen enthält, eine Vertheilung, welche sich unter der Form paralleler, sich einander durchsetzender Schichten kund giebt (Blätterdurchgang) und eine verschiedene Stärke des Zusammenhangs, der Festigkeit und eine verschiedene Art der Lichtbrechung in verschiedenen Richtungen bedingt. Die einzelnen La-

gerungen oder Durchgänge, deren wenigstens drei sein müssen, stehen oft rechtwinklich gegen einander. Die Durchgänge und die ihnen entsprechenden parallelen Endflächen sind gleichmässig um eine Mittellinie oder Hauptachse und um andere auf dieser rechtwinklich stehende Nebenachsen vertheilt und die Verdoppelung ebenso wie das Ausfallen einzelner Durchgänge geschieht nach einer unwandelbaren Gesetzmässigkeit in dem Verhältnisse von einfachen Zahlen. Das innere Gefüge ist durch den ganzen Krystall dasselbe, daher er auch sehr leicht in ähnliche kleinere Körper von gleicher Gestalt zerfällt. Gleichwohl stellt er sich nach aussen in gar verschiedener Gestalt dar, je nachdem dieser oder jener Durchgang vorherrscht oder zurücktritt. So erscheint derselbe Krystall bald als ein Octaëder, dessen Ecken zu einem Würfel abgestumpft sind, bald als ein Würfel mit abgestumpften Ecken. So treten Krystalle von den verschiedensten Grundformen als lineares Prisma oder als gedrückte Platte oder als mehr der Würfel- oder Kugelform sich nähernd auf, je nachdem bei unveränderter Lage der Durchgänge eine Richtung oder zwei vorherrschen oder aber im Gleichgewicht stehen. Und gerade ebenso, wie sich an den geschlossenen Krystallen die verschiedene Kraft und Bedeutung der einzelnen Richtungen und Seiten zeigt, tritt sie auch bei der Gruppierung mehrerer Krystall-Individuen und bei dem Krystalloiden, welches die Zerlegung des Individuums in seine einzelnen Momente ist, hervor. Denn das Gesetz der Krystallbildung ist nur eines,

aber auf die verschiedenste Weise im besonderen Falle ausgegliedert und durch mitwirkende Kräfte modificirt. Das Räthselhafteste bleibt das erste Anschliessen des Krystalls, welches meist momentan und daher der Beobachtung entzogen ist; die Weiterbildung geht dann mit genauer Folgerichtigkeit von diesem Anfange an weiter unter einer Form, welche auf ein gleichartiges vibrirendes Spiel anziehender und abstossender Kräfte schliessen lässt.

Der Krystall ist nicht allein ein fester Körper, eine gefestigte Flüssigkeit, sondern ein gesetzmässig gleichartig und eigenthümlich Fixirtes. Diejenigen Ursachen, welche Erhärtung überhaupt bewirken als Erkaltung und Austrocknung, können daher nicht die Krystallisation bewirken, vielmehr muss ein neues gestaltendes Princip hinzukommen, eine den Zusammenhang besonders individualisirende Thätigkeit. Man hat sie Krystallmagnetismus genannt, weil sie ähnlich, wie der Magnetismus und die Electricität sich in polaren Anziehungen und Abstossungen äussert. Es fragt sich nun, in wiefern der Krystallmagnetismus noch eine besondere jenen genannten Potenzen ähnliche Kraft oder aber mit denselben identisch ist. Im Verlauf der bisherigen Untersuchungen ist uns die grosse Abweichung derselben von den gewöhnlichen electrischen und magnetischen Wirkungen recht aufgefallen. Ich glaube aber doch auf die allgemeine Electricität hierbei zurückkommen zu müssen, welche aber in diesen besonderen Schichtungen auch eine so eigenthümliche Wirkung äussert. Erst bei dem Ue-

bergange in den festen Aggregatzustand tritt die volle Wirksamkeit dieser Kraft ein.

Auch beim Schnee werden wir veranlasst die verschiedenen Häufungen und Vertheilungen, so wie die sonstigen Veränderungen desselben dem Hauptagens im Dunstkreise, welches auch die Wolken, Nebel und Regen in ihrer verschiedenen Art und Stärke zu begründen scheint, der Electricität zuzuschreiben und so finden wir hierdurch auch die vorige Annahme bestätigt.

Ein anderer Beweis für unsere Annahme liegt darin, dass wir in den fertigen Krystallen nur noch gleichsam ein Bild jener Thätigkeit, ein Residuum oder ein partiales Aufleben derselben in den ungerade geschlossenen Säulen des Turmalins, des Boracits und des Topases sehen, wenn sie erwärmt werden.

Auf ähnliche Weise wie in die Art des Zusammenhangs greift diese Polarisationskraft auch sehr deutlich in alle Grundeigenschaften des Krystalls ein und ist in dem durchstrahlenden und polarisirten Lichtstrahl, in den Schallstrahlen und in dem Verhalten zur Wärme zu erkennen, wenn auch diese Beziehung noch nicht alle durch Versuche constatirt sind.

Die krystalloiden Bildungen sind besonders dadurch unterschieden, dass sie unabhängig von einer gemeinschaftlichen Mittellinie der Hauptachse ihre Theile nach Polarität ihre Theile anordnen; sie sind in verschiedene Nebenachsen zerstreut und ihre Anordnung ist bald strenger regelmässig, bald lockerer, immer erfolgt die Bildung derselben schneller als die

des Krystallinischen. Das Krystalloidische ist nicht so ausgearbeitet, so durchgebildet, es ist nur ein Aftergebilde, welches mit einem pilzartigen Gewächs von geringerem Bestande und sehr abweichenden Formen verglichen werden kann.

Das Amorphe entbehrt aller Polarität, scheint aber anstatt des mangelnden krystallinischen Gegensatzes eine um so stärkere Vereinigung und innere Spannung der Theile zu enthalten, wie uns dieses beim Glase, bei den reineren und vollkommneren Metallen, beim Harz, bei gleichartigen aus organischen Stoffen bereiteten Massen einleuchten wird. (Bei den edeln Metallen darf uns das regulinische Vorkommen in scheinbaren Krystallen nicht irren, denn die Eigenschaft hämmerbar und dehnbar zu sein, schliesst jede krystallinische Anordnung der Theile aus, weil sonst die Veränderung der Lage der Theile für den Zusammenhang nicht so gleichgültig sein könnte).

So erscheint denn eine Polaritätsbeziehung, Electricität und Magnetismus im Krystallinischen wie im Amorphen leicht zu erkennen (z. B. Harz und Glas eigenelectrisch und die Metalle als Leiter aller Kräfte) und sie bildet eine so allgemeine Eigenschaft der Körper, wie die allgemeine Schwere, wie Licht und Wärme und alle diese Potenzen mit ihren besonderen Erscheinungen und Gesetzen greifen ungetheilt bei allen Veränderungen des Stoffes in bestimmter Weise zusammen und wirken in einander. Wir nehmen ihre Thätigkeit gewöhnlich nur wahr, wo eine derselben in augenfälliger Wirkung deutlicher hervortritt und

construiren uns aus diesen Einzelheiten den ganzen Zusammenhang, die Grundverbindung. In vorliegendem Werke suchten wir dieselbe durch Beobachtung von häufig vorkommenden, aber wenig im Zusammenhange beachteten Formen darzustellen und hoffen bei allen Unvollkommenheiten nicht vergeblich gearbeitet zu haben; denn, da jede Form in der Natur einen entsprechenden Inhalt hat und jede Naturerscheinung der vollkommene und wesentliche Ausdruck einer Kraft ist, so ist Nichts in der physischen Welt einer geordneten Betrachtung und Darstellung unwerth; die scheinbar unregelmässigen und gesetzlosen Eisblumen so wenig als die prachtvollsten ausländischen Gewächse, die vergängliche Schneeflocke so wenig als die in ungeschwächtem Glanze fortleuchtenden Gestirne.

constituiren uns aus diesen Einzelheiten den ganzen Zusammenhang, die Grundverbindung. In vorliegendem Werke suchen wir dieselbe durch Beobachtung von häufig vorkommenden, aber wenig im Zusammenhang betrachteten Formen darzustellen, und hoffen bei allen Unvollkommenheiten nicht vergesslich gearbeitet zu haben; denn, da jede Form in der Natur einen entsprechenden Inhalt hat und jede Naturerscheinung der vollkommenen und wesentlichen Ausdrucksform einer Kraft ist, so ist Nichts in der physischen Welt einer geordneten Betrachtung und Darstellung unwürdig; die scheinbar unregelmässigen und gesetzlosen Erscheinungen so wenig als die prächtvollsten ausländischen Gewächse, die vergänglichsten Schmetterlinge, so wenig als die in ungeschwächtem Glanze fortwährenden Gesteine.

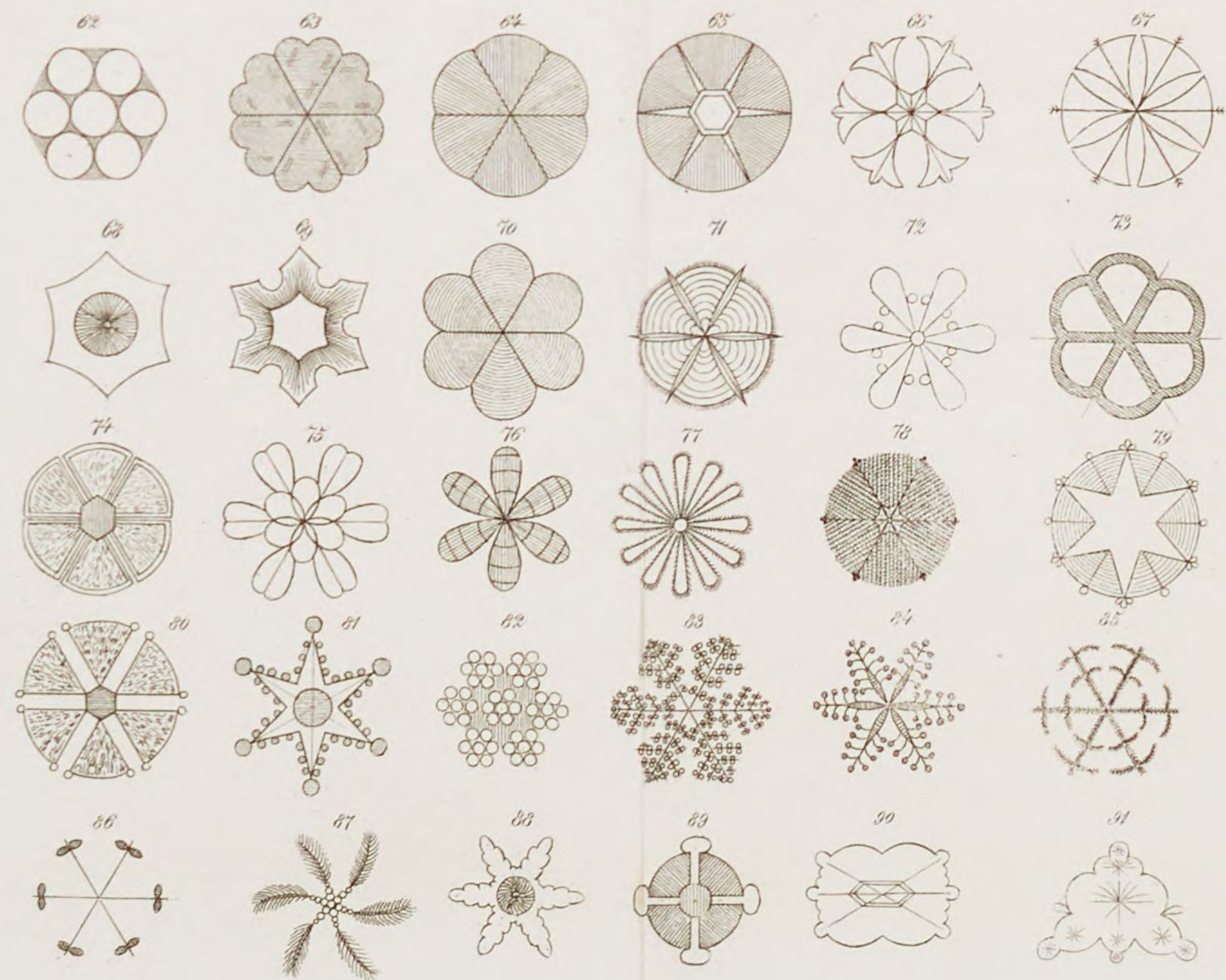
Druck von E. A. Huth in Göttingen.

Schnee

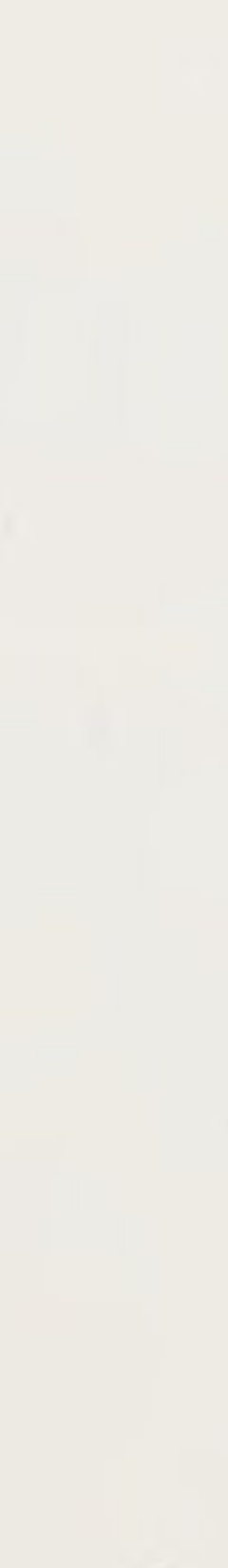
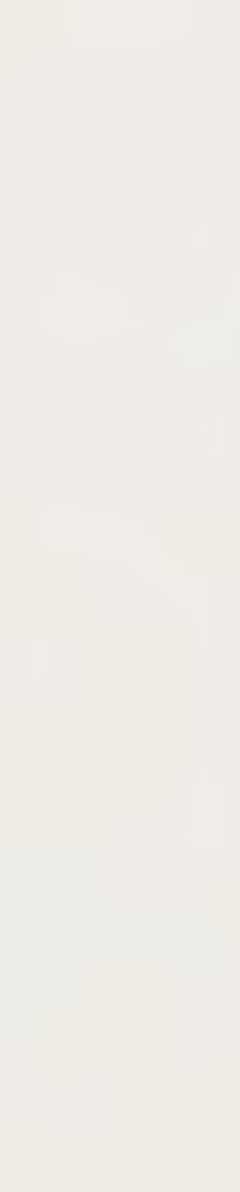
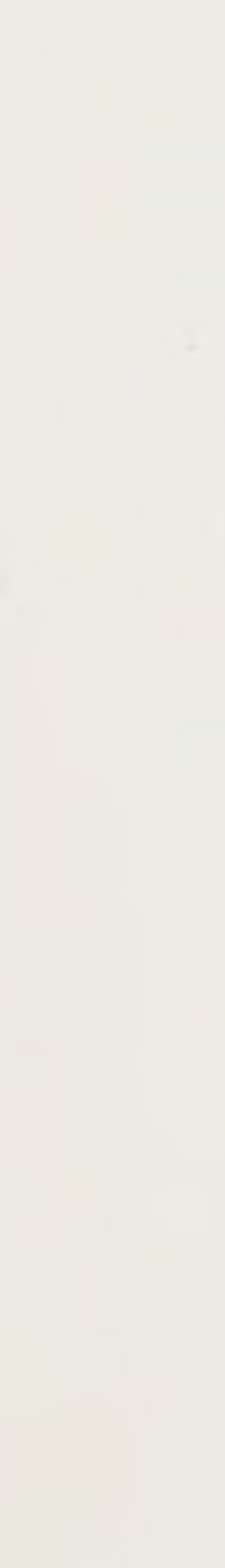
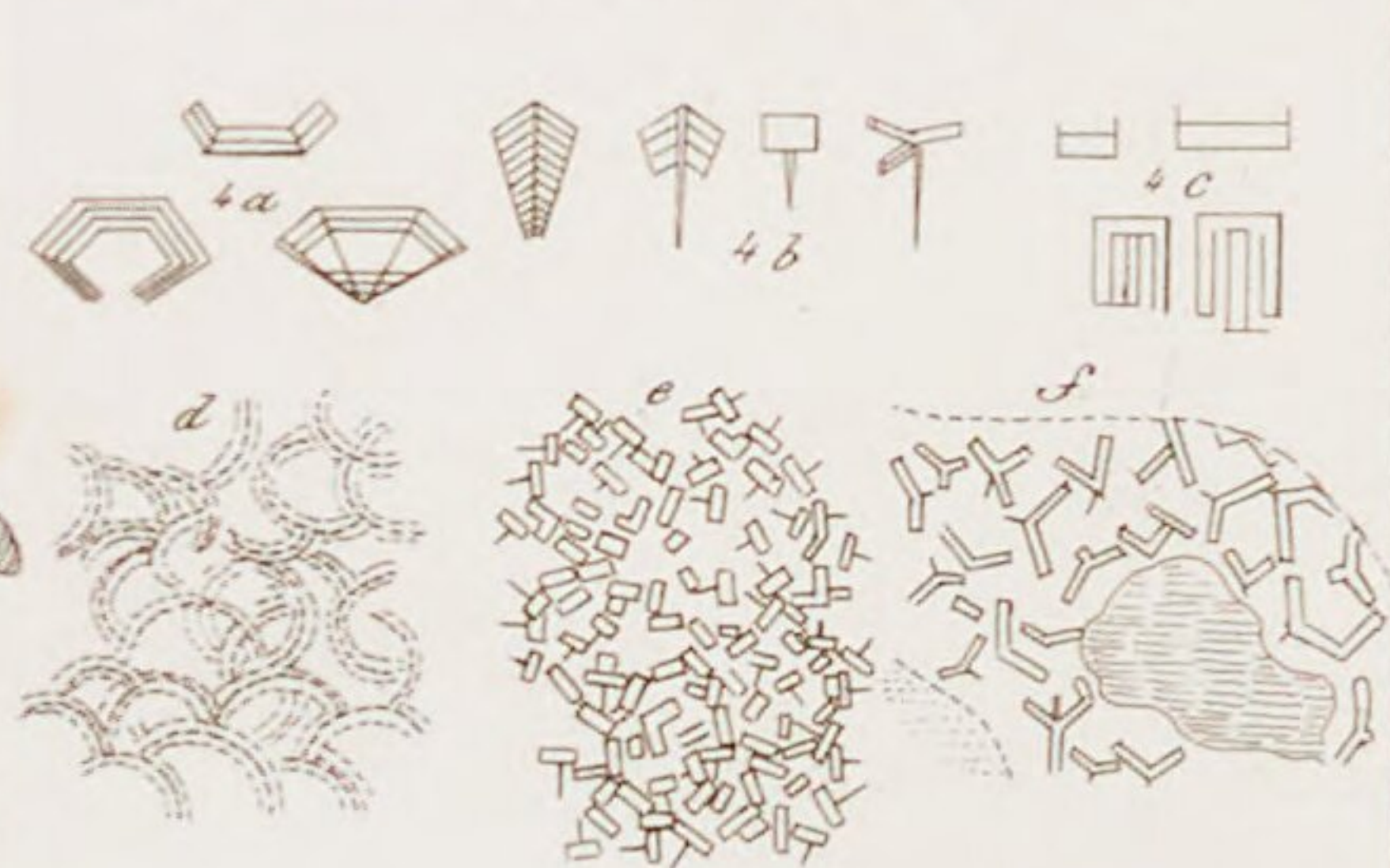
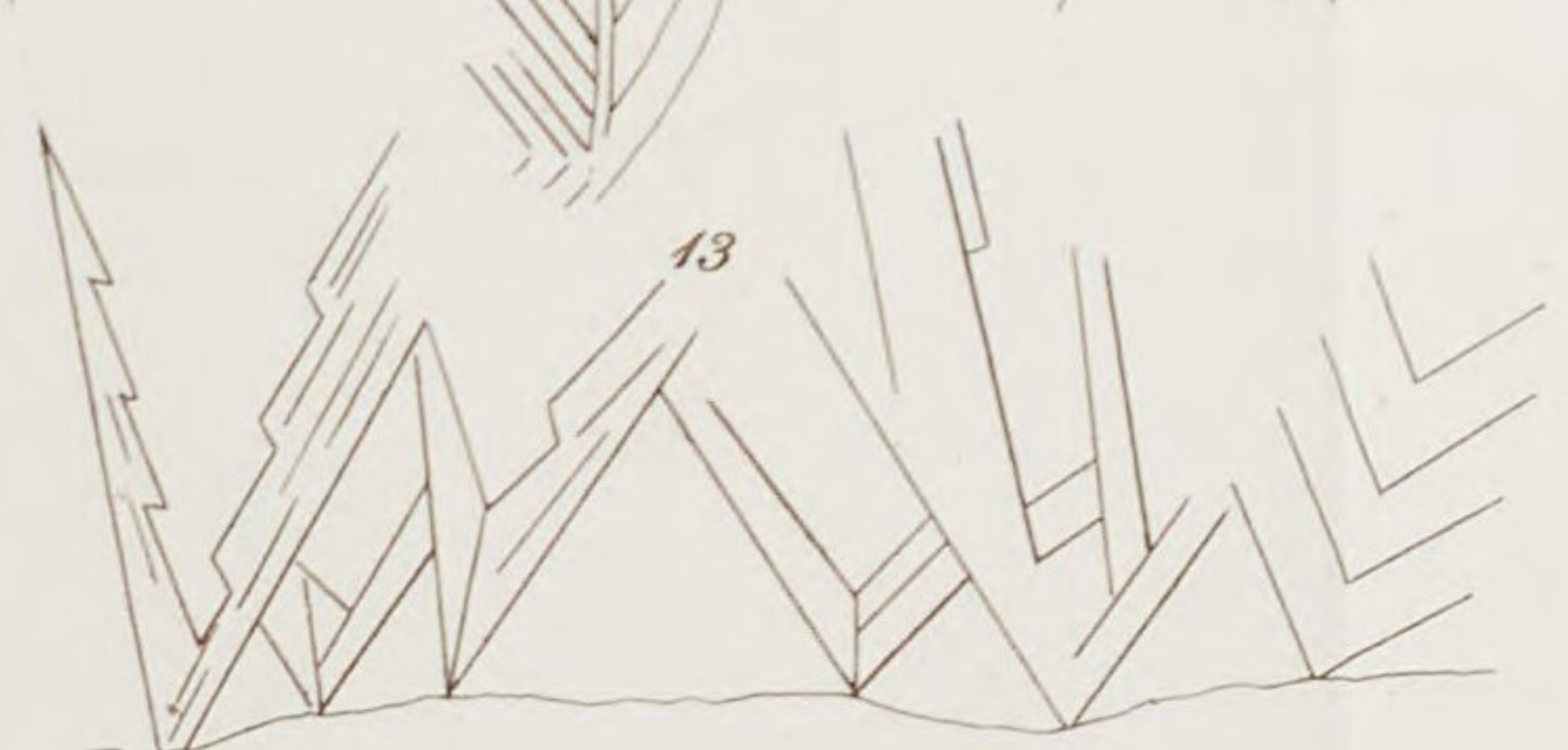
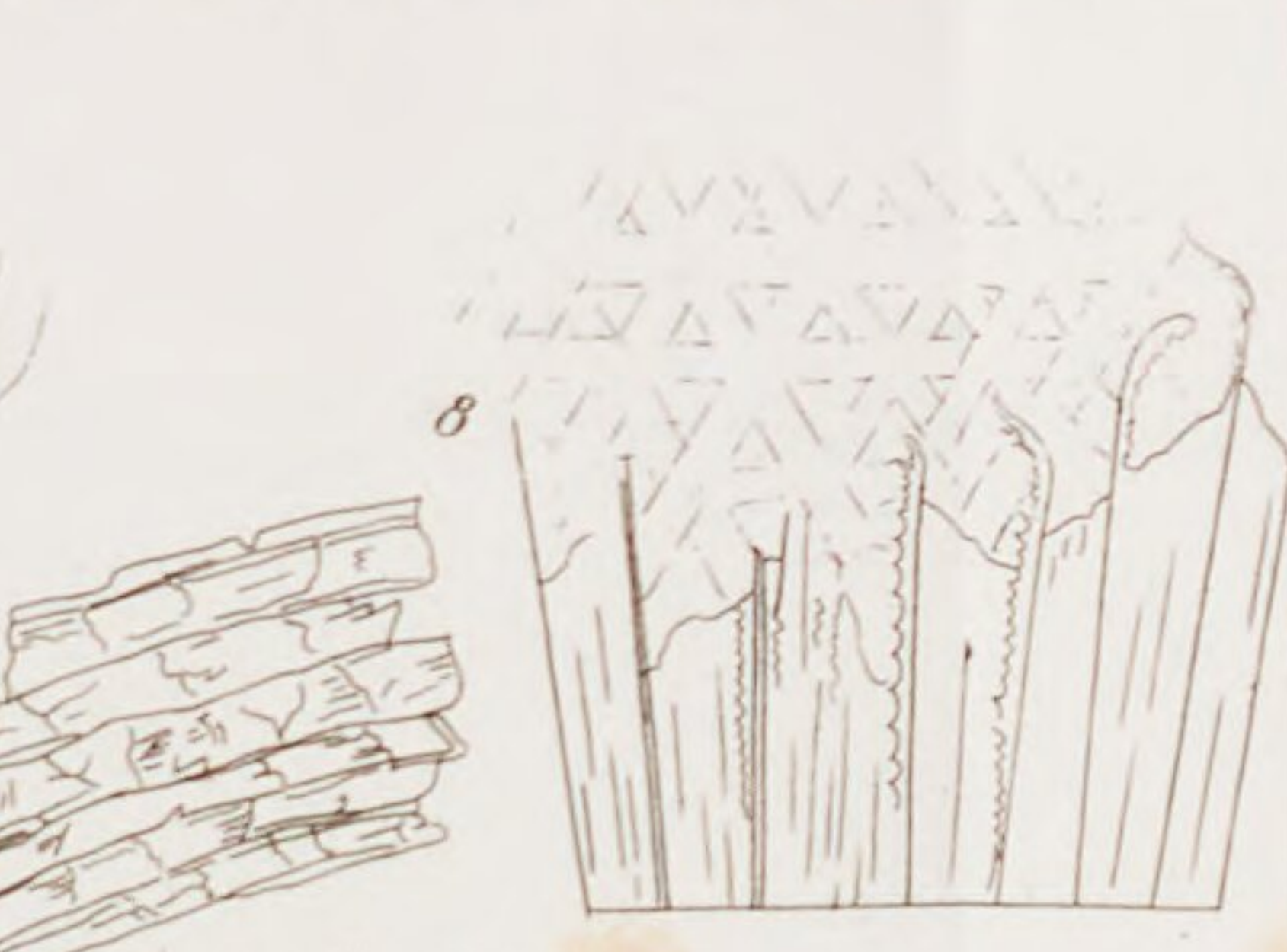
Reif



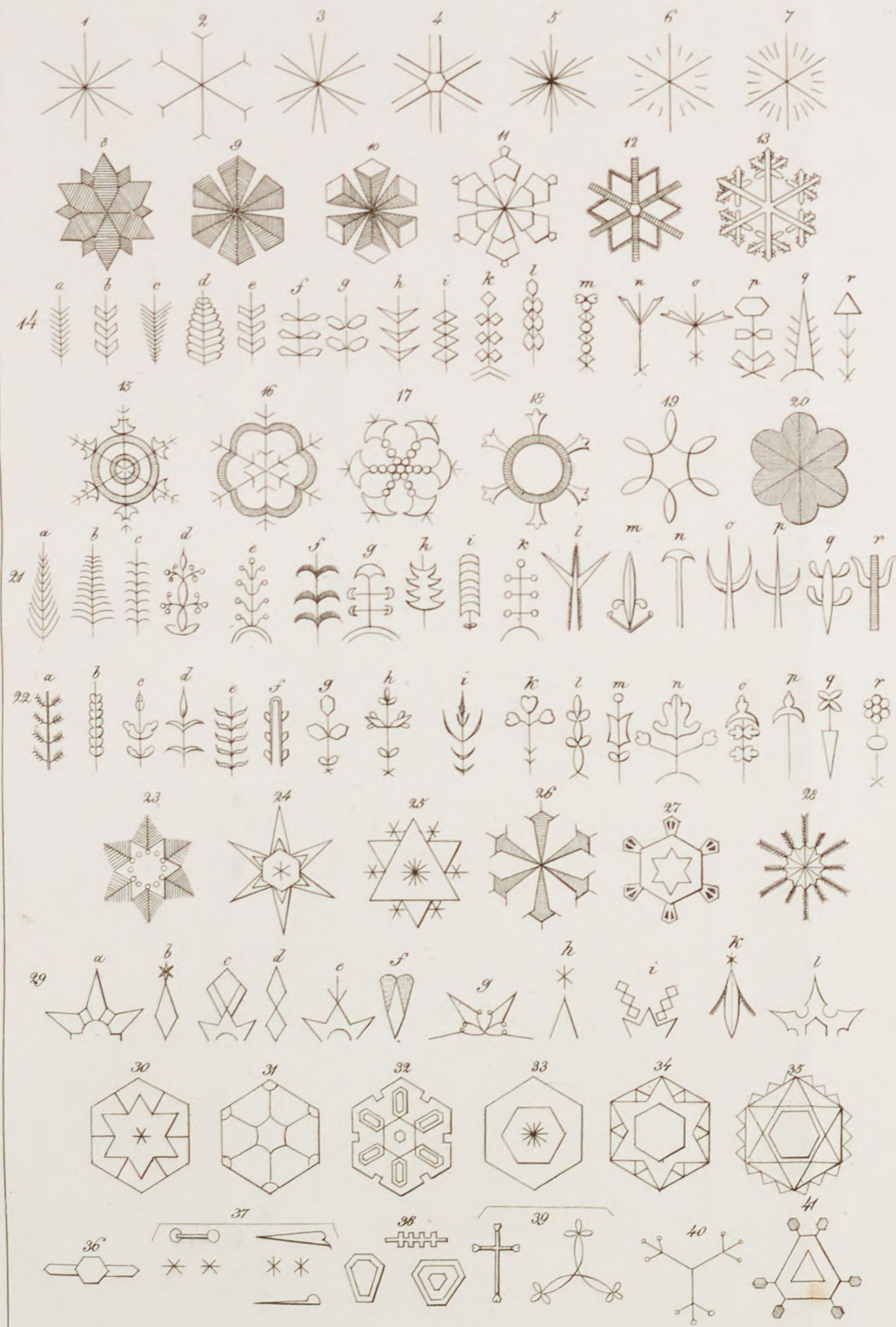
Schnee











Schumacher, Georg F.

Die Krystallisation des Eises aus vielen eigenen Beobachtungen
dargestellt und mit fünf Kupfertafeln erläutert

Leipzig 1844

Bamberg, Staatsbibliothek -- Met.o.37-a
urn:nbn:de:bvb:12-bsb11740934-7